N1
R. 1497

CENTRE DE RECHERCHES ZOOTECHNIQUES ET VETERINAIRES DE THEIX

15 AVR. 1976

BULLETIN TECHNIQUE N°16

(TRIMESTRIEL)

BTT-16

JUIN 1974

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

CENTRE DE RECHERCHES ZOOTECHNIQUES

ET VETERINAIRES DE THEIX

BULLETIN TECHNIQUE N°16

C.R.Z.V. de Theix
63 110 - BEAUMONT
Tél. (73) 92-42-63

Editions S.E.I.
C.N.R.A. - 78 000 - VERSAILLES

JUIN 1974

SOMMAIRE

PAGE

R. JARRIGE, C. DEMARQUILLY, J.P. DULPHY - L'INGESTIBILITE DES FOURRAGES : SES VARIATIONS ET SES CONSEQUENCES 5

A. HODEN, B. REMOND, M. JOURNET Avec la collaboration de **B. MARQUIS** - UTILISATION COMPAREE DE 3 CEREALES-GRAIN (MAIS, BLE, ORGE) PAR LES VACHES LAITIERES AU DEBUT DE LA LACTATION 17

M. LAMAND - RISQUES DE CARENCES EN OLIGOELEMENTS CHEZ LES JEUNES RUMINANTS RECEVANT UN ALIMENT D'ALLAITEMENT 21

J. ANDRIEU - VALEUR ALIMENTAIRE D'UN MAIS MALE STERILE MESUREE SUR DES MOUTONS 27

R. PION - LES RECHERCHES DU LABORATOIRE D'ETUDE DU METABOLISME AZOTE 31

JOURNEES D'INFORMATION DU «GRENIER DE THEIX» LES ACQUISITIONS RECENTES SUR LES CARENCES EN OLIGOELEMENTS (DU SOL AUX RUMINANTS) 39

JOURNEES D'ETUDE SUR LA PHYSIOLOGIE ET LA BIOCHIMIE DE LA DIGESTION 41

SOMMAIRES DES ARTICLES DES CHERCHEURS DU CENTRE 43

L'INGESTIBILITE DES FOURRAGES : SES VARIATIONS ET SES CONSEQUENCES

R. JARRIGE *, C. DEMARQUILLY ** et J.P. DULPHY ** (1)

* Station de Recherches sur l'élevage des Ruminants
** Laboratoire des aliments

Les Ruminants recevant *ad libitum* des fourrages comme seul aliment, en consomment une quantité (exprimée en poids de matière sèche par 100 kg de poids vif ou par kg de poids ^{0,75}) qui est très variable, d'une part avec leur capacité d'ingestion, d'autre part avec l'ingestibilité du fourrage. La capacité d'ingestion dépend des besoins de l'animal (poids, niveau de production...) de son état sanitaire, des particularités de son comportement alimentaire etc... (cf. revues de JOURNET et JARRIGE, 1970 et de FORBES, 1971). L'ingestibilité est déterminée par les caractéristiques physiques et biochimiques du fourrage. Afin de comparer l'ingestibilité des fourrages, il faut les distribuer à des animaux ayant la même capacité d'ingestion et en nombre suffisant. On observe dans ces conditions des variations considérables qui ont été rapportées par de nombreux auteurs (cf. par exemple revues de CAMPLING, 1964 et de RAYMOND, 1969). Des valeurs allant de 40 à 100 g de M.S./kg P ^{0,75} pour les fourrages verts, de 30 à 85 g pour les foins, de 60 à 110 g pour les fourrages déshydratés conditionnés, de 20 à 75 g pour les ensilages ont été observées chez le Mouton en fin de croissance par DEMARQUILLY et WEISS (1971). Cependant l'amplitude des variations est plus faible lorsqu'on utilise des bovins en croissance et surtout des vaches en lactation.

Ce rapport a pour objet d'analyser les principales variations de l'ingestibilité des fourrages et de montrer leurs conséquences pour la nutrition du Ruminant. Pour les interpréter il est nécessaire de rappeler au préalable les mécanismes de la régulation de l'ingestion chez les Ruminants.

REGULATION DE LA QUANTITE DE FOURRAGE INGEREE

La régulation de l'ingestion volontaire d'aliments par les Ruminants a fait l'objet de nombreux travaux depuis une quinzaine d'années (cf notamment revues de BALCH et CAMPLING, 1962 et 1969 ; CONRAD, 1966 ; CAMPLING, 1964 et 1970 ; BAUMGARDT, 1970). Comme les monogastriques, les ruminants essaient d'ajuster la quantité d'aliments ingérée à la couverture de leurs besoins nutritionnels, plus particulièrement de leurs besoins énergétiques. Mais cet ajustement est généralement limité, ou perturbé, par les particularités de leur appareil digestif, notamment dans le cas des rations composées exclusivement de fourrages distribués sous forme normale. En effet les fourrages doivent obligatoirement faire escale dans le rumen (+ réseau) ; ils subissent une dégradation par la population microbienne et un broyage par la mastication lors de la rumination. Les constituants du contenu cellulaire sont métabolisés (en totalité dans le cas des glucides solubles) ou plus ou moins profondément remaniés (protéines). La quasi totalité (90 à 95 p.100) des polysaccharides digestibles des membranes sont dégradés. Tout se passe comme si les tissus digestibles (parenchymes) étaient presque entièrement détruits et les tissus lignifiés indigestibles réduits à l'état de particules suffisemment fines pour passer dans le feuillet. Les particules végétales présentes dans le feuillet sont, pour l'essentiel,

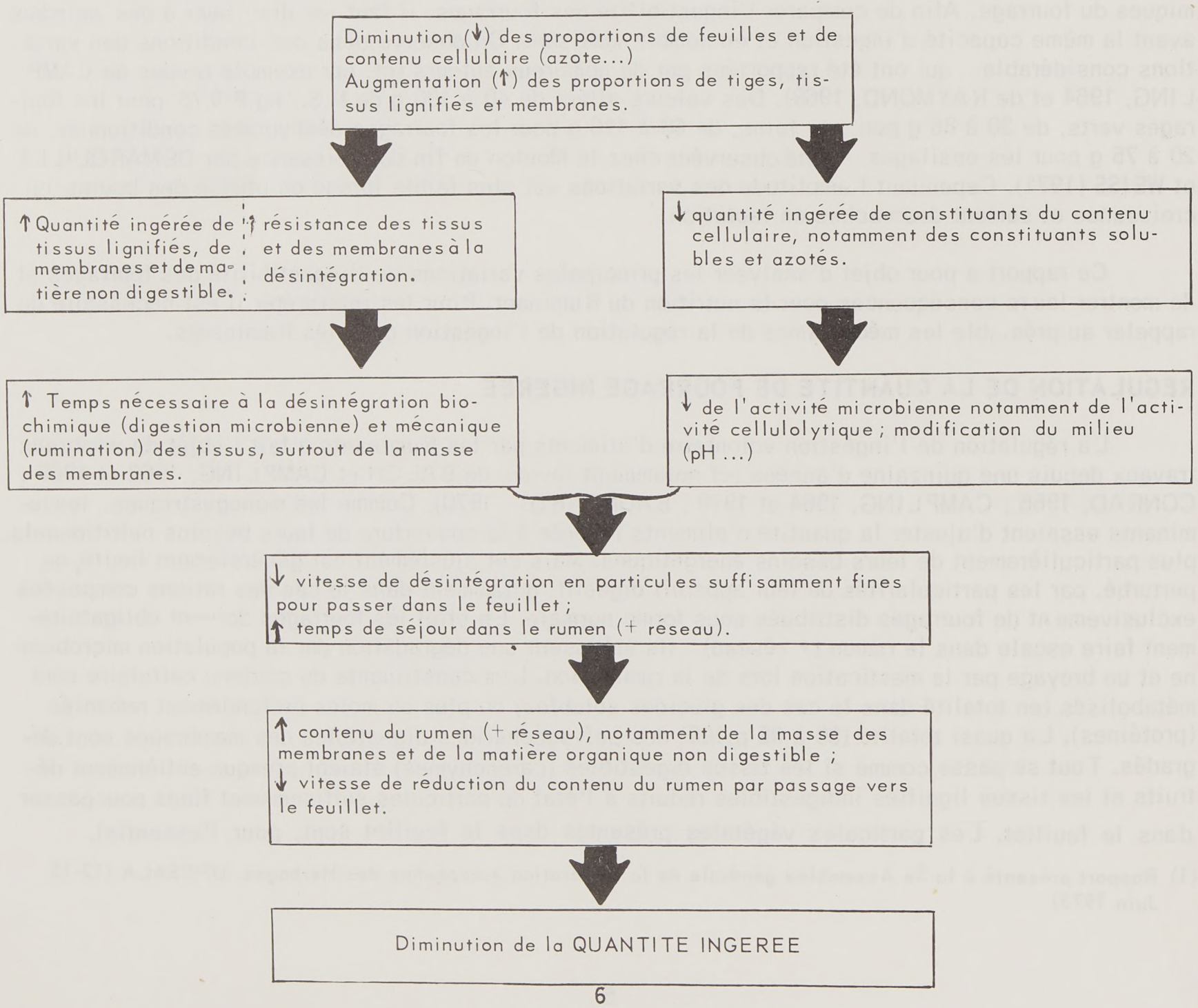
(1) Rapport présenté à la 5e Assemblée générale de la Fédération européenne des Herbages. UPPSALA (12-15 Juin 1973)

des fragments de tissus lignifiés (sclérenchymes-tissu conducteur...); leur taille moyenne est très petite (de 0,26 à 0,70 mm chez le Mouton dans les études de GRENET, 1970) mais elle augmente avec l'âge du fourrage (TROELSEN et CAMPBELL, 1968).

La quantité de fourrage ingérée est donc avant tout limitée par le temps de séjour dans le rumen nécessaire pour effectuer cette dégradation et cette réduction en fines particules (BALCH et CAMPLING, 1961 ; CAMPLING, 1964 ; WESTON, 1967). Elle est considérablement accrue par le broyage des foins (cf revues de MINSON, 1963 ; BEARDSLEY, 1964 ; MOORE, 1964) et des fourrages déshydratés (cf plus loin). Elle présente une liaison très étroite avec la vitesse de digestion dans le rumen mesurée grâce à la technique des sachets de nylon (DEMARQUILLY et CHENOST, 1969 ; CHENOST et al, 1970). Les constituants des fourrages sont degradés à des vitesses différentes ; les sucres disparaissent en quasi totalité au cours du repas ; la dégradation des membranes est beaucoup plus lente que celle des constituants du contenu cellulaire. En accord avec l'hypothèse de CRAMPTON et al (1960), la quantité de fourrage ingérée est donc généralement limitée par la vitesse de digestion de la masse des membranes. Cette vitesse dépend schématiquement de deux catégories de facteurs (figure 1) :

FIGURE I

SCHEMA ILLUSTRANT LES MECANISMES PRINCIPAUX PAR LESQUELS LES MODIFICATIONS DES CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES ET PHYSICOCHIMIQUES DE LA PLANTE AVEC L'AGE ENTRAINENT UNE DIMINUTION DE SON INGESTIBILITE



1°) d'une part, la résistance de la masse membranaire à la dégradation microbienne et au broyage lors de la mastication : elle est d'autant plus importante que les tissus sont moins accessibles aux bactéries et plus lignifiés mais elle dépend aussi de la nature et des caractéristiques des polysaccharides : ainsi les substances pectiques sont digérées plus rapidement que les xylanes et que la cellulose (BAILLEY, 1967). Le rôle limitant joué par la résistance au broyage lors de la rumination est bien mis en évidence par la liaison négative étroite qui a été observée entre l'ingestibilité des fourrages et l'énergie nécessaire pour les broyer dans un broyeur (CHENOST, 1966) ou la vitesse de broyage lors d'une mastication artificielle (TROELSEN et BIGSBY, 1964) ;

2°) d'autre part, l'activité de la population microbienne, plus particulièrement son activité cellulolytique. Elle dépend en majeure partie de l'importance et de la composition du contenu cellulaire qui apporte les éléments nutritifs et les facteurs de croissance nécessaires aux microbes et qui détermine les conditions physico-chimiques du « milieu rumen » (pH, potentiel redox...) Par exemple, la teneur en azote devient le facteur principal limitant la quantité ingérée lorsqu'elle devient inférieure à 1 - 1,2 p. 100.

Il est cependant très difficile de faire la part de ces deux catégories de facteurs dans la limitation de la quantité de fourrage ingéré. Ainsi dans les essais de SMITH et al (1972), la digestion in vitro des membranes présente une liaison plus étroite avec la teneur en constituants solubles qu'avec la teneur en lignine chez les légumineuses alors que la situation est plutôt inverse chez les graminées.

L'ingestibilité des fourrages est donc fondamentalement limitée par la vitesse de réduction (dégradation biochimique + réduction en fines particules) de la masse de leurs membranes dans le rumen. Par exemple elle diminue quand les plantes vieillissent, notamment au cours du premier cycle de végétation (cf plus loin) parce que les proportions de tiges, de tissus lignifiés et de constituants membranaires augmentent alors que les proportions de feuilles, de constituants solubles et d'azote diminuent. Les tiges sont digérées plus lentement que les feuilles, notamment chez les légumineuses (CHENOST et al, 1970). Il est cependant très difficile de séparer l'action de la vitesse de digestion des membranes de celle de la proportion même de ces membranes, en laquelle VAN SOEST (1965) a vu le facteur limitant de l'ingestibilité des fourrages ou de la teneur en membranes digestibles qui pourrait être un facteur limitant dans le cas des graminées (DEMARQUILLY, 1966). La digestibilité diminuant pour les mêmes raisons que le vitesse de digestion avec l'âge du végétal, il apparaît une liaison négative étroite entre l'ingestibilité et la digestibilité qui a été observée par de nombreux auteurs à la suite de BLAXTER et al (1961) (cf revue de RAYMOND, 1969). La digestibilité ne détermine pas l'ingestibilité mais elle varie généralement dans le même sens qu'elle pour une plante donnée. De même, lorsqu'on considère un ensemble de fourrages prélevés à des âges suffisamment différents, on obtient des liaisons positives entre l'ingestibilité et les critères du contenu cellulaire : azote, constituants solubles dans les solutions acides diluées (DEHORITY et JOHNSON, 1964), dans des solutions de détergents neutres (VAN SOEST, 1963), dans des solutions enzymatiques de pepsine (TERRY et TILLEY, 1964 ; DONEFER et al, 1966) ou de cellulase (JARRIGE et THIVEND, 1969). On observe corrélativement des liaisons négatives entre l'ingestibilité et les critères de l'importance des membranes : cellulose estimée par différentes méthodes (en tout premier lieu par celle de WEENDE), lignine et résidus membranaires obtenus après extraction des constituants solubles par les méthodes précédentes.

D'autres caractéristiques du fourrage peuvent modifier, voire masquer dans certains cas, la liaison fondamentale entre l'ingestibilité et la vitesse de digestion de la masse membranaire. Elles expliquent certaines des différences d'ingestibilité observées entre fourrages de la même espèce ou de la même famille ayant des compositions ou des digestibilités comparables. D'une façon générale l'ingestibilité augmente en même temps que la teneur en matière sèche du fourrage pour des raisons qui ne sont pas clairement élucidées. Il existe sans aucun doute des différences d'appétibilité (cf revue de GREENHALGH, 1971), liées à des caractéristiques physiques ou chimiques.

VARIATIONS DE L'INGESTIBILITE DES FOURRAGES

Fourrages Verts

Il est difficile, et fort long, de mesurer correctement la quantité d'herbe « récoltée » par l'animal

qui pâture. C'est pourquoi la quasi totalité des données sur l'ingestibilité des fourrages verts ont été obtenues pour des fourrages fauchés, distribués (à des moutons) soit tels quels (DEMARQUILLY, 1965 DEMARQUILLY et WEISS, 1970), soit après conservation sous forme congelée (MINSON et al, 1964).

L'ingestibilité des différentes espèces fourragères diminue constamment au cours du premier cycle de croissance, en même temps que les proportions de feuilles, d'azote et de constituants solubles et en sens inverse de la proportion de tiges et de constituants membranaires (figure 2). La liaison entre l'ingestibilité et la digestibilité est linéaire mais la position et la pente de la droite de régression diffèrent avec la famille et l'espèce. Quand la digestibilité diminue de 1 unité, l'ingestibilité diminue plus lentement pour les légumineuses (0,85 g/ kg 0,75) que pour les graminées (entre 1,05 et 2,23 avec une moyenne de 1,6) (DEMARQUILLY et WEISS, 1970) et les fourrages de prairies naturelles (1,76) (DEMARQUILLY et JARRIGE, 1971). Des valeurs comparables ont été observées par d'autres auteurs entre 0,99 et 1,66 pour différentes espèces (premières coupes + repousses) (MINSON et al, 1964); entre 0,74 et 2,05 pour différents fourrages frais et secs, cultivés en milieu tropical (voir CORBETT, 1969); 1,5 g à la fois pour des foins de graminées et pour ceux de légumineuses (TROELSEN et CAMPBELL, 1969). Dans toutes ces études, qui ont été réalisées avec des moutons, ainsi que dans celles de DEMARQUILLY (1965) et d'OSBOURN et al (1966), la relation entre ingestibilité et digestibilité est restée linéaire même pour les fourrages très digestibles. Cela n'est pas en accord avec les données obtenues sur les vaches laitières qui n'ont pas révélé d'accroissement de la quantité ingérée quand la digestibilité dépassait 70 p. 100 pour l'herbe (HUTTON, 1963) ou 66 p. 100 pour les rations de fourrages + concentré (CONRAD et al, 1964). Il est probable que la quantité ingérée par la vache en lactation diminue moins rapidement avec la digestibilité que celle ingérée par le mouton.

Il existe des différences importantes entre plantes de digestibilité comparable (figure 3). Les légumineuses sont ingérées en quantité plus élevée que les graminées, la différence s'accroissant lorsque la digestibilité diminue (VAN SOEST, 1965 ; DEMARQUILLY, 1965 ; TROELSEN et CAMPBELL, 1969). Elle s'explique par le fait que les légumineuses sont digérées plus rapidement que les graminées (DEMARQUILLY et CHENOST, 1969 ; CHENOST et al, 1970 ; CIZEK, 1970 ; SMITH et al, 1972) ; elles contiennent moins de constituants membranaires (VAN SOEST, 1965 ; JARRIGE, 1963), moins de constituants membranaires digestibles (MOIR, 1972) et plus de constituants solubles (OSBOURN et al, 1966).

FIGURE II

EVOLUTION DE L'INGESTIBILITE DES FOURRAGES VERTS (mesurée sur des mouton s) AU COURS DU PREMIER CYCLE DE CROISSANCE

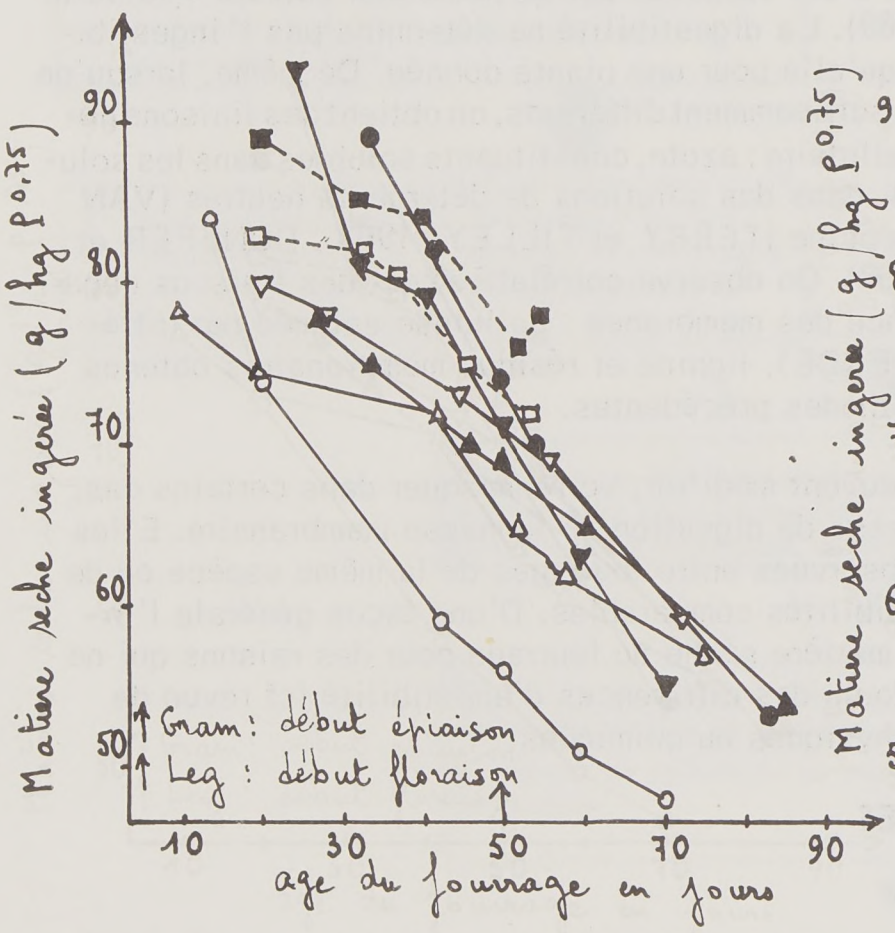
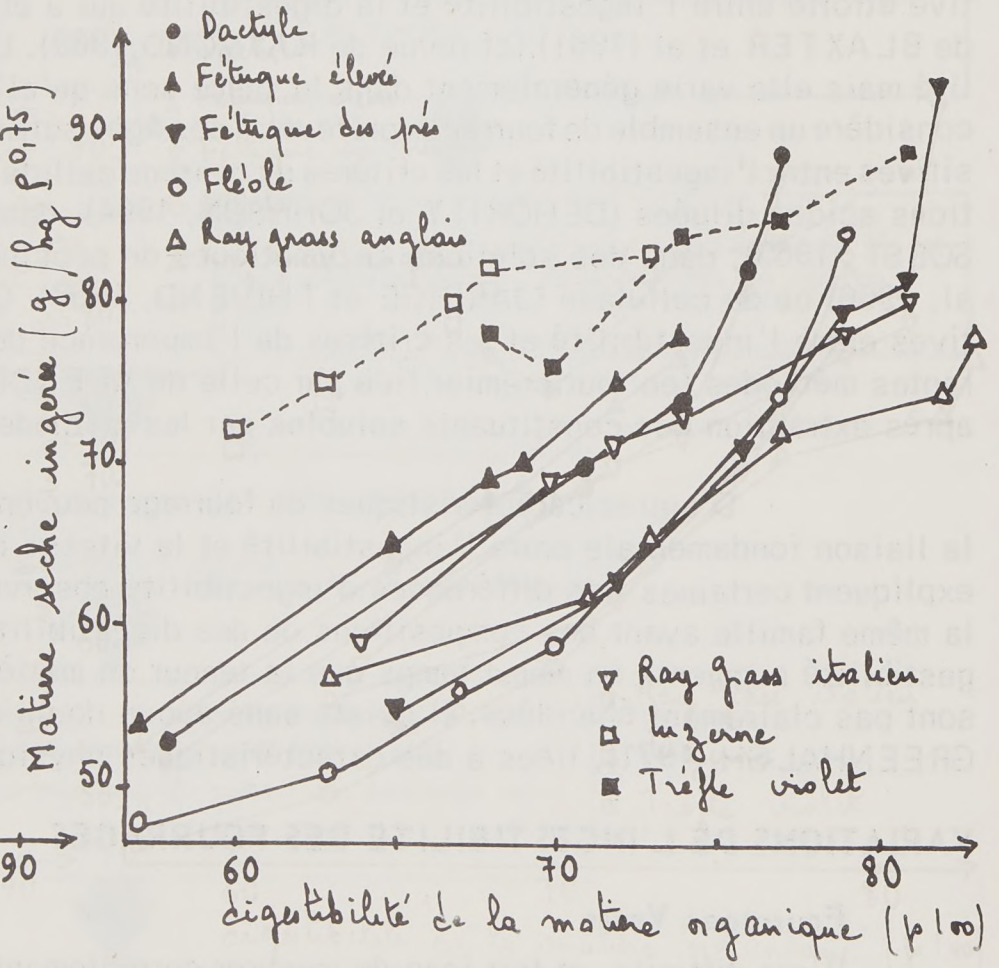


FIGURE III

LIAISONS ENTRE L'INGESTIBILITE ET LA DIGESTIBILITE DES FOURRAGES VERTS AU COURS DU PREMIER CYCLE DE CROISSANCE (mesures effectuées sur moutons)



La figure 3 met aussi en évidence des différences entre espèces de la même famille pour une digestibilité comparable. Le ray-grass italien et le dactyle sont ingérés en plus grande quantité que le ray-grass anglais, la fléole et la fétuque élevée. Ces différences s'atténuent lorsqu'on compare les espèces à teneur en cellulose brute égale et, surtout, à teneur en azote égale ; elles peuvent s'expliquer comme précédemment par des différences dans la vitesse de digestion (DEMARQUILLY et CHENOST, 1969). Les ray-grass diploides sont ingérés en plus grande quantité que les tétraploides, tout au moins au premier cycle de croissance (OSBOURN et al, 1966, THOMPSON, 1971).

L'ingestibilité des repousses diminue elle aussi avec l'âge. Elle est moins étroitement liée à la digestibilité que pour les plantes du premier cycle, sauf pour les repousses à tiges. Les repousses d'été sont généralement consommées en quantité plus élevée que les plantes du premier cycle de même digestibilité, probablement parce qu'elles contiennent des proportions plus élevées de matière sèche et d'azote. L'ingestibilité des repousses d'automne est souvent diminuée par une plus faible teneur en matière sèche et une proportion élevée de feuilles mortes.

L'ingestibilité des fourrages verts est peu ou pas modifiée par la fertilisation azotée (HOLMES et LANG, 1963 ; HIGHT et al, 1968 ; DEMARQUILLY, 1970). Elle peut l'être beaucoup plus par les facteurs climatiques, par l'intermédiaire de la teneur en matière sèche et, sans doute aussi, des caractéristiques d'appétibilité.

Fourrages secs

Foins : L'ingestibilité des foins dépend avant tout de celle du fourrage sur pied, donc du stade de croissance de la plante au moment de la récolte, mais elle est plus faible que celle des fourrages verts correspondants, en moyenne de 18,5 p. 100 (+ 11,2 à - 32,6 p. 100) pour les 108 foins étudiés par DEMARQUILLY et JARRIGE 1970). La diminution est plus limitée pour les foins séchés en grange (13,8 p. 100 pour n = 46) que pour ceux séchés au sol (21,3 p. 100 pour n = 62). Pour ces derniers elle dépend en outre des conditions climatiques à la récolte ; elle a été de 18 p. 100 pour 26 foins de graminées récoltés sans pluie au lieu de 26 p. 100 pour 21 foins de graminées récoltés avec pluie. Cette diminution de l'ingestibilité est associée à la diminution de la proportion des constituants solubles et à l'augmentation corrélative de la teneur en membranes à la suite des pertes par la respiration et la fermentation, des pertes mécaniques de feuilles... ; elle doit aussi parfois traduire une diminution de l'appétibilité. Ces modifications de la composition chimique entraînent aussi une diminution de la digestibilité (de 0 à 15 points pour les 108 foins) par rapport aux fourrages verts. En définitive, l'ingestibilité des foins a été plus étroitement liée à l'ingestibilité du fourrage vert qu'à la digestibilité du foin : 0,694 au lieu de 0,597 pour les 78 foins de graminées, 0,812 au lieu de 0,405 pour les 11 foins de trèfle violet, 0,719 au lieu de 0,436 pour l'ensemble des 107 foins.

Fourrages déshydratés : L'ingestibilité des fourrages récoltés dans de bonnes conditions, déshydratés dans une machine bien réglée et non conditionnés, est pratiquement égale à celle du fourrage vert (DEMARQUILLY, 1970). Cependant pour les fourrages très riches en eau, elle peut être accrue s'il s'agit de graminées (VERITE et JOURNET, 1970) ou diminuée s'il s'agit de trèfle violet.

Le conditionnement du fourrage à la sortie du déshydrateur entraîne une augmentation de la quantité ingérée qui a été observée par de nombreux auteurs, d'abord en broyant des foins, puis avec des fourrages déshydratés (cf revues de MINSON, 1963 ; MOORE, 1964 ; BEARDSLEY, 1964). Cette augmentation par rapport au fourrage non conditionné est d'une importance très variable selon l'ingestibilité du fourrage non conditionné et le mode de conditionnement. D'une façon générale, pour les fourrages condensés (pellets) qui ont été le plus étudiés, elle varie en sens inverse de l'ingestibilité du fourrage non conditionné (HEANEY et al, 1963) ; elle est faible (10 à 20 p. 100) pour les fourrages déshydratés récoltés à un stade jeune et elle peut atteindre 60 p. 100 pour les fourrages déshydratés récoltés tardivement (JARRIGE et al, 1973) ; de même elle est souvent plus élevée pour les foins : de 36 à 96 p. 100 pour les 14 comparaisons effectuées par DEMARQUILLY et JOURNET (1967). Cependant le broyage et l'agglomération n'ont pas accru l'ingestibilité des foins de Pangola de très mauvaise qualité, contenant moins de 5 p. 100 de matières azotées totales (MINSON, 1967).

L'augmentation de l'ingestibilité est généralement plus faible pour les fourrages compactés (presse à filières, sans broyage préalable) que pour les fourrages condensés et beaucoup plus faible pour les fourrages comprimés (presse à piston). Elle dépend avant tout du degré de broyage provoqué par le conditionnement. La quantité ingérée augmente au fur et à mesure que la taille moyenne des particules diminue aussi longtemps qu'elle n'est pas tombée au-dessous de 0,40 mm pour la fétuque élevée, 0,55 mm pour le ray-grass italien et 0,75 mm pour la luzerne (JARRIGE et al, 1973 - figure 4). Le conditionnement des fourrages sous forme condensée et, à un degré moindre, sous forme compactée permet donc de réduire, de façon souvent considérable, les différences d'ingestibilité liées au stade de croissance et à l'espèce.

Par suite de leur réduction en fines particules, les fourrages conditionnés sont ingérés plus rapidement que les fourrages normaux. Ils sont consommés en plus grande quantité parce qu'ils peuvent séjourner moins longtemps dans le rumen et qu'ils nécessitent une durée de rumination beaucoup plus courte. La diminution du temps de séjour dans le rumen et celle de l'activité cellulolytique de la microflore du rumen entraînent une diminution de la digestibilité des constituants membranaires et de la matière organique. Ces modifications sont plus importantes, d'une part pour les graminées que pour la luzerne et, d'autre part, pour les fourrages condensés que pour les fourrages comprimés ou compactés (DEMARQUILLY et JOURNET, 1967 ; JARRIGE et al, 1973 et revue de THOMSON, 1972).

Ces résultats ont été obtenus surtout sur le mouton recevant ad libitum les fourrages comme seul aliment. Ils sont sensiblement atténués, surtout en ce qui concerne la digestion et la rumination, chez les bovins lorsque ceux-ci reçoivent d'autres aliments et qu'ils peuvent consommer un peu de paille de leur litière.

Fourrages ensilés

Les fourrages ensilés sont ingérés en quantité beaucoup plus faible que les fourrages verts à partir desquels ils ont été préparés (HARRIS et RAYMOND, 1963 ; DEMARQUILLY et JARRIGE, 1970) et que les foins correspondants (MOORE et al, 1960). Dans 86 comparaisons effectuées par DEMARQUILLY (1973) sur des moutons, la diminution de l'ingestibilité des ensilages par rapport aux fourrages verts a varié de 0 à 60 p. 100, avec une moyenne de 30 p. 100. Elle a été plus faible pour les fourrages ensilés après un préfanage suffisant, ce qui confirme les résultats obtenus par différents auteurs à la suite de MOORE et al (1960). L'ingestibilité a été diminuée même pour les ensilages bien conservés, ayant la même digestibilité que le fourrage vert initial. A l'opposé, le maïs ensilé est ingéré à peu près en même quantité que la plante sur pied (ANDRIEU et DEMARQUILLY, 1974).

Cette faible ingestibilité des fourrages ensilés directement a été un des freins importants qui ont limité l'extension de la conservation par ensilage. Elle a fait l'objet de nombreux travaux et de nombreuses hypothèses au cours de ces dernières années afin d'en découvrir les causes et les mécanismes (cf revue de RAYMOND, 1969). Elle n'est pas due à leur forte teneur en eau par elle-même (THOMAS et al, 1961). Elle doit être mise en liaison avec les très nombreuses modifications que subit le fourrage au cours de la récolte et de la conservation, dont les plus importantes sont 1°) la formation d'acides organiques à partir de glucides solubles, des acides organiques, des acides aminés et même aussi, parfois, des substances pectiques ; 2°) la dégradation des matières azotées avec formation d'ammoniac, d'amines (dont certaines peuvent avoir une activité pharmacologique) ; 3°) l'augmentation de la proportion des membranes par suite de la fermentation des constituants du contenu cellulaire ; 4°) les modifications de la structure du fourrage au cours de la récolte (hachage), du tassement et, aussi, de la fermentation.

Au cours des dernières années on a mis en relation la faible ingestibilité des ensilages avec la présence des produits de la fermentation, plus particulièrement avec les acides gras volatils (HARRIS et al, 1966, Mc CULLOUGH, 1966). Cette liaison ressort notamment de l'examen des ensembles d'ensilages étudiés à Hurley (WILKINS et al, 1971) et à Theix (DEMARQUILLY, 1973). Pour 70 ensilages étudiés à Hurley sans additifs, la quantité ingérée par le mouton a présenté une corrélation négative avec la teneur en acide acétique et en ammoniaque (en p. 100 de l'azote total) et une liaison positive avec les teneurs en matière sèche, azote et acide lactique (exprimée en p. 100 des acides totaux) ; elle n'a pas présenté de liaison significative avec la digestibilité. Pour 86 ensilages étudiés à Theix (avec ou sans additifs), la diminution de l'ingestibilité par rapport au fourrage vert a été liée positivement à la

teneur en acide acétique (r = 0,57) et, surtout, à la teneur en acides gras volatils totaux (r = 0,68) et négativement à la teneur en acide lactique (r = -0,29) ; elle n'a pas présenté de liaison significative avec la proportion d'azote ammoniacal, ni avec le pH malgré une tendance positive, ni avec la diminution de la digestibilité. L'ingestibilité de ces ensilages peut être prévue correctement (r = 0,81) à partir de celle du fourrage vert initial et de la teneur en acides gras volatils. La présence de terre entraîne souvent une forte diminution de l'ingestibilité des ensilages.

L'action dépressive des fortes concentrations en acides gras volatils a été attribuée à l'acidité du fourrage (Mc LEOD et al, 1970), à la diminution du pH dans le rumen, à la diminution de la salivation, à une action chimiostatique mais aucune de ces hypothèses n'apporte une interprétation générale satisfaisante (cf revue de RAYMOND, 1969). C'est ainsi que l'addition d'acides organiques à l'ensilage avant sa distribution a donné des résultats contradictoires (Mc LEOD et al, 1970 ; HUTCHINSON et WILKINS, 1971) et que les quantités d'acides gras volatils et d'acide lactique, ingérées au cours du repas principal qui suit la distribution du repas ou ingérées par jour, sont très variables (DULPHY et DEMARQUILLY, 1973). Il est d'ailleurs possible que la diminution de l'ingestibilité ne soit pas due aux fortes teneurs en acides gras volatils, mais à d'autres produits de la fermentation qui les accompagnent, notamment à ceux de la dégradation des protéines. On a par exemple attribué aux amines un rôle dépressif sur l'appétit (NEUMARK et al, 1964) mais cela n'a pas été confirmé ultérieurement.

FIGURE 4

INFLUENCE DE LA TAILLE MOYENNE DES PARTICULES ET DU MODE DE CONDITIONNEMENT SUR L'INGESTIBILITE DES FOURRAGES DESHYDRATES
(mesures effectuées sur moutons)

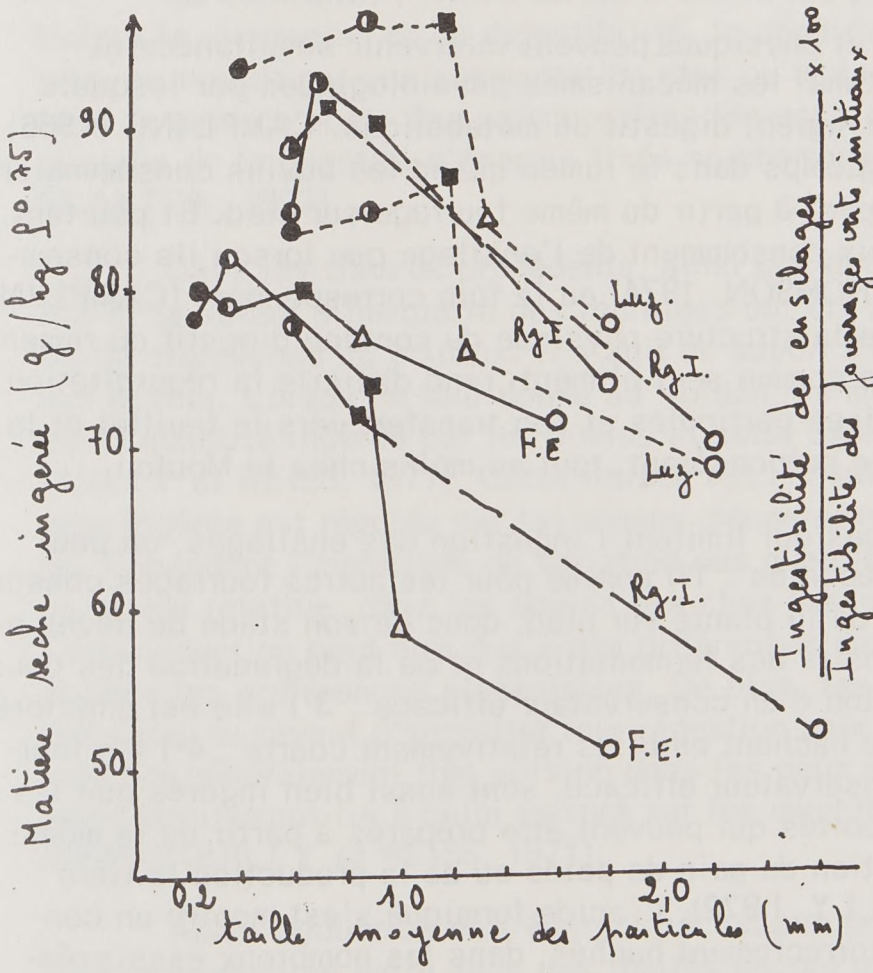
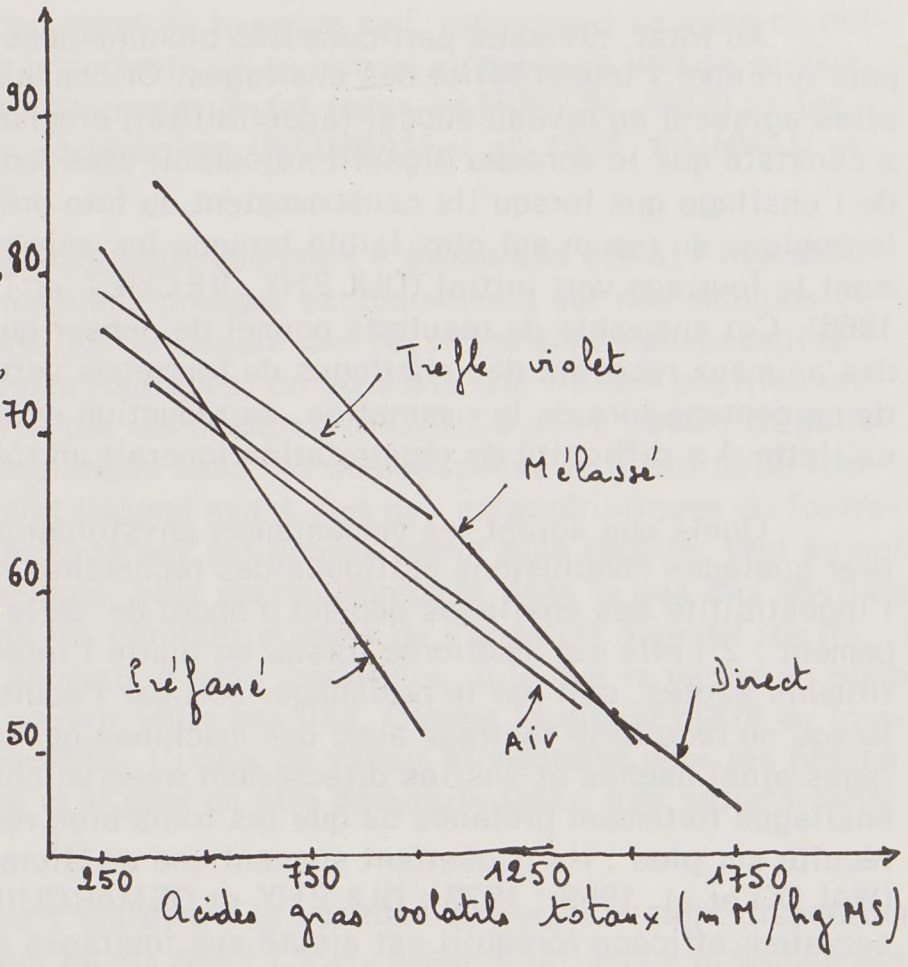


FIGURE 5

LIAISONS ENTRE L'INGESTIBILITE DES ENSILAGES(EXPRIMEE EN POURCENTAGE DE CELLE DU FOURRAGE VERT INITIAL) ET LA CONCENTRATION EN ACIDES GRAS VOLATILS TOTAUX



Des facteurs physiques doivent jouer un rôle important dans la faible ingestibilité des ensilages. Déjà MURDOCH (1965) avait constaté que les quantités d'ensilage ingérées par les bovins étaient plus élevées lorsque les fourrages étaient lacérés et surtout hachés lors de la mise en silo. DULPHY et DEMARQUILLY (1973) ont comparé des ensilages préparés à partir des mêmes récoltes sur pied avec des machines produisant des brins longs (10 à 25 cm), moyens (5-15 cm) ou courts (0,5 - 1,5 cm). La diminution de l'ingestibilité a été d'autant plus faible que le fourrage avait été haché en brins plus courts, (en présence d'acide formique). De plus le hachage fin (brins de 2 cm) juste avant la distribution a augmenté la quantité ingérée des ensilages qui avaient été hachés à la récolte en brins moyens (+ 11 p. 100) et surtout en brins longs (+ 33 p. 100), l'augmentation étant d'autant plus importante que les ensilages étaient bien conservés. Le rôle des produits de la fermentation apparaît ainsi plus limité mais il reste significatif : pour 22 ensilages hachés finement, à la récolte ou avant la distribution, la quantité d'ensilage ingérée (exprimée en p. 100 de la quantité de fourrage vert) a été liée négativement à la teneur en acides gras volatils totaux (- 0,495), en acide butyrique (-0,533), à la proportion de l'azote ammoniacal (- 0,636) et au pH (- 0,640). On sait d'ailleurs que le hachage du fourrage vert améliore la fermentation dans le silo et l'efficacité de l'acide formique (SAUE et BREIREM, 1969).

Le comportement alimentaire et mérycique des moutons recevant les ensilages n'est pas le même qu'avec les fourrages verts correspondants (DULPHY et DEMARQUILLY, 1970-1973) : 1°) la durée de l'ingestion est plus courte, surtout avec les ensilages à brins longs ; la durée du repas principal qui fait suite à la distribution est considérablement diminuée et, par suite, la quantité ingérée lors de ce repas ; 2°) le temps de latence entre l'arrêt du repas et le début de la rumination est considérablement accru, plus particulièrement pour les ensilages à brins longs qui ne sont pas bien conservés ; il apparaît de nombreux cycles de pseudo rumination ; les durées de rumination et de mastication par kg de matière sèche ingérée sont accrues ; 3°) la réduction de la longueur des brins par un hachage plus fin augmente la vitesse d'ingestion, le nombre des petits repas entre les deux grands repas et la durée de l'ingestion.

Au total, diverses particularités biochimiques et physiques peuvent intervenir simultanément pour diminuer l'ingestibilité des ensilages. On connaît mal les mécanismes physiologiques par lesquels elles agissent au niveau buccal (appétibilité), oropharyngien, digestif ou métabolique. CAMPLING (1966) a constaté que le contenu digestif séjournait plus longtemps dans le rumen quand les bovins consommaient de l'ensilage que lorsqu'ils consommaient du foin préparé à partir du même fourrage sur pied. Et pourtant, le contenu du rumen est plus faible lorsque les animaux consomment de l'ensilage que lorsqu'ils consomment le fourrage vert initial (DULPHY, BECHET et THOMSON, 1974) ou le foin correspondant (CAMPLING, 1966). Cet ensemble de résultats permet de penser que la structure physique du contenu digestif du rumen des animaux recevant des ensilages de fourrages verts comme seul aliment, rend difficile la régurgitation de ce contenu lors de la rumination, sa réduction en fines particules et son transfert vers le feuillet et la caillette. La difficulté de régurgitation jouerait un rôle prépondérant, tout au moins chez le Mouton.

Quels que soient les mécanismes physiologiques qui limitent l'ingestion des ensilages, on peut tirer quelques conclusions pratiques des recherches récentes : 1°) comme pour les autres fourrages conservés, l'ingestibilité des ensilages dépend d'abord de celle de la plante sur pied, donc de son stade de développement ; 2°) elle est améliorée lorsqu'on limite l'intensité des fermentations et de la dégradation des constituants azotés, soit par le préfanage, soit par l'addition d'un conservateur efficace ; 3°) elle est améliorée lorsqu'on récolte le fourrage avec des machines qui le hachent en brins relativement courts ; 4°) les fourrages ainsi hachés et ensilés directement avec un conservateur efficace, sont aussi bien ingérés que les ensilages fortement préfanés ou que les foins bien récoltés qui peuvent être préparés à partir de la même récolte sur pied ; ils permettent souvent une amélioration du gain de poids ou de la production laitière (WALDO et al, 1959 ; 1973 ; DULPHY et DEMARQUILLY, 1972). L'acide formique s'est montré un conservateur efficace lorsqu'il est ajouté aux fourrages correctement hachés, dans les nombreux essais réalisés en Norvège ('SAUE et BREIREM, 1969) puis dans d'autres pays.

CONSEQUENCES POUR LA VALEUR ALIMENTAIRE DES FOURRAGES

La valeur alimentaire globale d'un fourrage est la quantité d'éléments nutritifs qu'il apporte au ruminant qui le consomme ad libitum comme seul aliment. Ses deux composantes sont l'ingestibilité et la concentration nutritive. Elle peut être exprimée au premier chef par les quantités ingérées de matière

organique digestible, d'énergie digestible ou d'énergie nette, l'énergie étant le plus souvent le facteur qui limite la production ; cependant la quantité de matières azotées digestibles ingérée peut être le facteur limitant principal pour certaines graminées à partir de l'épiaison.

CRAMPTON et al (1960) ont été les premiers à proposer de caractériser la valeur alimentaire des fourrages par un indice (N.V.I .) basé sur le produit de la quantité ingérée par la digestibilité. DEMARQUILLY et WEISS (1970) ont utilisé un indice de la valeur alimentaire (I.V.A.) relativement semblable qui est calculé de la façon suivante .

$$\text{I.V.A.} = 100 \frac{\text{U.F. ingérée/ kg } P^{0,75}}{0,05}$$

0,05 étant la quantité moyenne d'U.F. ingérée/ kg $P^{0,75}$ par le mouton pour les 990 fourrages étudiés et la valeur énergétique étant estimée pour l'engraissement à partir des teneur en matière organique digestible et indigestible (BREIREM, 1954). Ils donnent dans leurs Tables les valeurs de cet indice pour les principales espèces fourragères aux principaux stades de développement ou âges des différents cycles de croissance. L'I.V.A. varie dans des limites très larges ; par exemple pour les fourrages verts de graminées au premier cycle il présente des valeurs extrêmes de 170 au début de la végétation et de 40 à la pleine floraison. Cette grande amplitude traduit le fait que les trois composantes de l'I.V.A. - la quantité ingérée, la digestibilité et le rendement de l'énergie métabolisable pour l'engraissement - diminuent parallèlement lorsque l'âge de la plante augmente. L'I.V.A. des foins et des ensilages est en général beaucoup plus faible que celui des fourrages verts initiaux puisque la diminution de la quantité ingérée s'accompagne généralement d'une diminution plus ou moins importante de la digestibilité.

Au contraire, l'I.V.A. du maïs ensilé est pratiquement identique à celui de la plante sur pied. Malgré la diminution de la digestibilité, le conditionnement du fourrage sec, notamment sa mise en pellets, se traduit par une augmentation plus ou moins importante de sa valeur alimentaire comme le montrent le gain de poids des animaux dans les essais d'alimentation (cf revue de MINSON, 1963) et les mesures de la quantité d'énergie fixée en chambres respiratoires (WAINMAN et al, 1972, WAINMAN et BLAXTER, 1972).

Dans les travaux précédents, ainsi que dans tous ceux que nous n'avons pas cités, l'ingestibilité et la valeur alimentaire des fourrages ont été mesurées presque exclusivement sur des moutons en fin de croissance ou adultes. Il s'agit de savoir dans quelle mesure ces résultats sont transposables aux bovins. Lorsqu'on leur donne ad libitum les mêmes fourrages, on constate une liaison positive entre la quantité ingérée par les bovins et celle ingérée par les moutons (INGALLS et al, 1965 ; DEMARQUILLY et WEISS, 1971). Cette liaison est normale puisque dans les deux espèces la quantité de fourrage ingérée est régulée par les mêmes mécanismes et dépend avant tout des caractéristiques du fourrage. Cependant l'amplitude de variation des quantités ingérées est généralement plus réduite, tout au moins en valeur relative, chez les bovins que chez les moutons, plus particulièrement dans le cas des ensilages. Cette réduction peut être due à des différences dans les caractéristiques de l'appareil digestif (taille...) et dans les préférences alimentaires. De plus, les animaux à forte production, tels que la vache en pleine lactation, essayent d'accroître leur ingestion pour couvrir leurs besoins. Comme la digestibilité du fourrage est généralement très voisine dans les deux espèces, l'index de valeur alimentaire pour les bovins reste étroitement lié à celui mesuré sur les moutons et il peut en être déduit de façon très satisfaisante (DEMARQUILLY et WEISS, 1971).

Après déduction de l'énergie nécessaire pour l'entretien, la quantité d'énergie restant disponible pour la production varie dans des limites encore plus larges que l'I.V.A. Ainsi, l'influence prépondérante de l'âge de la plante au moment de la récolte a été montrée par de nombreux auteurs à la suite des premiers travaux réalisés sur des vaches laitières à l'Université Cornell (STONE et al, 1960) et sur des moutons (BLAXTER et al, 1961). De même, chez les bovins d'élevage qui ne reçoivent que des fourrages pendant l'hiver, on a observé, à différentes reprises, une liaison positive entre le croît et la quantité de fourrage ingérée.

Cependant la plupart des animaux à production élevée reçoivent des aliments concentrés en com-

TABLEAU I

PLACE APPROXIMATIVE DE QUELQUES FOURRAGES TYPE DANS LA RATION DE VACHES LAITIERES PRODUISANT ENVIRON 20 KG DE LAIT ET RECEVANT LE COMPLEMENT D'ALIMENT CONCENTRE NECESSAIRE : QUANTITE INGEREE, TAUX DE SUBSTITUTION, QUANTITE DE LAIT PRODUITE A PARTIR DE L'ENERGIE NETTE APPORTEE PAR LES FOURRAGES EN SUS DE L'ENTRETIEN

Fourrage	Stade de développement. Traitement	Quantité ingérée M.S./100 kg de poids vif	Taux de production substitution M.S. (1)	Taux de production lait à partir du fourrage
Herbe verte	- jeune, feuillue, avant épiaison	2,5	0,8	20
	- âgée, entre l'épiaison et le début de la floraison	2,0	0,5	8
Foin	- récolté à l'épiaison dans de bonnes conditions ou séché par ventilation	2,3	0,6	8.10
	- récolté à la pleine floraison	1,8	0,4	0
Fourrage déshydraté	- récolté à l'épiaison, comprimé	2,6	0,8	12
	- récolté à l'épiaison, broyé et aggloméré	2,8	1,0	15
Ensilage de fourrages verts	- récolté à l'épiaison, avec une ensileuse à fléaux et ensilé sans conservateur	1,5	0,3 (2)	5
	- récolté à l'épiaison, haché finement et bien conservé avec de l'acide formique	2,2	0,5 (?)	15
Ensilage de maïs	- récolté au stade laiteux pâteux à 25 p. 100 de M.S.	2,0	0,4	11
	- récolté au stade vitreux à 35 p. 100 de M.S.	2,5	0,8	18

(1) Diminution de la quantité de matière sèche de fourrage ingérée par kg de M.S. d'aliment concentré

(2) Y compris données de CAMPLING et MURDOCH (1966)

plément des fourrages, notamment pendant la période hivernale. Cet apport entraîne des modifications de la quantité de fourrage ingérée qui sont très variables avec l'ingestibilité et la valeur alimentaire du fourrage, la composition et la quantité de l'aliment concentré et aussi avec l'espèce et le niveau de production de l'animal. On sait qu'un apport limité d'azote, par l'aliment concentré ou sous une autre forme, augmente l'ingestibilité des fourrages pauvres (pailles...), qui contiennent moins de 1 à 1,2 p. 100 d'azote (CLARK et QUIN, 1951) et sont peu digestibles ; cette augmentation est permise par l'accroissement de la vitesse de digestion des membranes dans le rumen (CAMPLING et al, 1962) et par un meilleur état nutritionnel azoté des animaux (LEGAN, 1965). A l'exception de ces fourrages pauvres, l'apport d'aliment concentré diminue la quantité de fourrage ingérée, en général d'autant plus que cette dernière est plus élevée (tableau 1) ; par exemple la diminution est plus forte pour les foins très digestibles que pour ceux de faible digestibilité (BLAXTER et WILSON, 1963), pour les ensilages que pour les foins (CAMPLING et MURDOCH, 1966 ; Mc CARRICK, 1967).

Pour quelques fourrages type distribués ad libitum à des vaches en lactation, qui reçoivent par ailleurs la quantité nécessaire d'aliment concentré, le tableau 1 résume les valeurs indicatives des trois paramètres suivants : 1°) la diminution de la quantité de matière sèche de fourrage ingérée par kg de matière sèche d'aliment concentré ; 2°) la quantité de fourrage consommée par des vaches produisant environ 20 kg de lait par jour ; 3°) la quantité de lait qui peut être produite à partir de l'énergie nette apportée par le fourrage en sus de l'entretien. Ces données sont tirées pour la plupart des essais d'alimentation réalisés par JOURNET et al à Theix et de ceux de DEMARQUILLY et DULPHY sur les ensilages de fourrages verts. Elles résument les conséquences zootechniques des variations de l'ingestibilité et de la valeur alimentaire des fourrages. Elles illustrent notamment la supériorité des fourrages jeunes, frais ou bien conservés, et aussi celle du maïs ensilé, à un stade de mâturité suffisamment avancé.

La liste des références bibliographiques correspondant à cet article peut être demandée auprès du Secrétariat de la Station de Recherches sur l'Elevage des ruminants.

UTILISATION COMPAREE DE 3 CEREALES-GRAIN (MAIS, BLE, ORGE) PAR LES VACHES LAITIERES AU DEBUT DE LA LACTATION

A. HODEN - B. REMOND - M. JOURNET
Avec la collaboration de B. MARQUIS
Laboratoire de la Production Laitière

Les aliments concentrés «de production» à 150 g MAD/UF pour les vaches laitières sont classiquement composés pour les 3/4 environ d'un mélange de céréales (maïs, blé, orge, avoine,...) dans des proportions respectives très variables.

Pour des raisons d'opportunité (disponibilité, coût) et de simplification, on peut se demander si l'aliment concentré ne peut pas être constitué d'une seule céréale, ou s'il est indispensable d'utiliser un mélange de céréales.

Ce sont les raisons pour lesquelles nous avons comparé 3 aliments concentrés composés d'un tourteau et d'une céréale unique (maïs, blé ou orge). L'essai a été réalisé à la fin de la gestation et au début de la lactation (de 2 semaines avant à 6 semaines après le vêlage), période pendant laquelle les vaches laitières reçoivent le maximum d'aliment concentré.

CONDITIONS EXPERIMENTALES

36 vaches (Holstein, Frisonnes ou croisées Holstein × Frisonne), dont la moitié de primipares, ont été réparties en 3 lots les plus identiques possible, en tenant compte du numéro de lactation, de la date de vêlage, du poids vif, et du niveau de la production laitière et de la composition du lait au cours de la lactation antérieure.

Toutes les vaches ont reçu la même ration de base : du foin de trèfle de bonne qualité et des pulpes de betteraves déshydratées (3 kg pour les primipares et 4 kg pour les multipares) en quantités limitées, et de l'ensilage d'herbe additionné de 3. p. 1000 d'acide formique comme conservateur, à volonté *.

Chaque lot de 12 vaches a reçu un des 3 aliments concentrés de production constitués d'une part de maïs, de blé ou d'orge (qui avaient des teneurs respectives en matières azotées totales de 10,4 13,7 et 11,5 p. 100 de la matière sèche), d'autre part de tourteau de soja 50, de façon à obtenir un aliment à 145 g de MAD/UF. Ces aliments concentrés étaient conditionnés en agglomérés (condensés) de 10 mm de diamètre, après réduction en farine de chaque ingrédient, dans un broyeur à marteaux muni d'une grille de 5 mm de diamètre. Ils étaient distribués de façon à couvrir les besoins des animaux durant la 3ème semaine de lactation, en utilisant un schéma prédéterminé tel que celui proposé précedemment (HODEN et JOURNET 1971, Bull. Tech. C.R.Z.V. n°5). Par la suite, l'apport d'aliment concentré a été déterminé pour chaque vache en fonction de ses besoins et des apports des autres aliments de la ration.

Les principaux résultats sont présentés dans le tableau 2 et le graphique ci-après.

* Toutes les vaches ont reçu en outre 200 g de composé minéral par jour et 500 g par jour d'un aliment concentré constitué de 24 p. 100 de blé, 24 p. 100 d'orge, 24 p. 100 de maïs, 18 p. 100 de tourteau de soja 50 et 10 p. 100 de méthionine (pour 6 vaches de chaque lot) ou de sulfate de sodium (pour les 6 autres vaches de chaque lot) ; l'aliment concentré production contenait 2. p. 100 de carbonate de calcium et 0,5 p. 100 de sel.

TABLEAU I

CARACTERISTIQUES DES ALIMENTS CONCENTRES « PRODUCTION »

NATURE DES CEREALES	MAIS	BLE	ORGE
COMPOSANTS (p. 100)			
- Céréale	73,9	81,0	79,2
- Tourteau de Soja 50	23,6	16,5	18,3
- Composé minéral	2,5	2,5	2,5
COMPOSITION CHIMIQUE (p. 100 M.S.) :			
- Cellulose brute	2,4	2,8	4,7
- Matières azotées totales (N × 6,25)	21,4	20,4	19,6
VALEUR NUTRITIVE :			
- U.F./kg M.S. *	1,26	1,21	1,11
- M.A.D./U.F. (g)	146	144	149

* Calculée en utilisant les valeurs des Tables Hollandaises

TABLEAU II

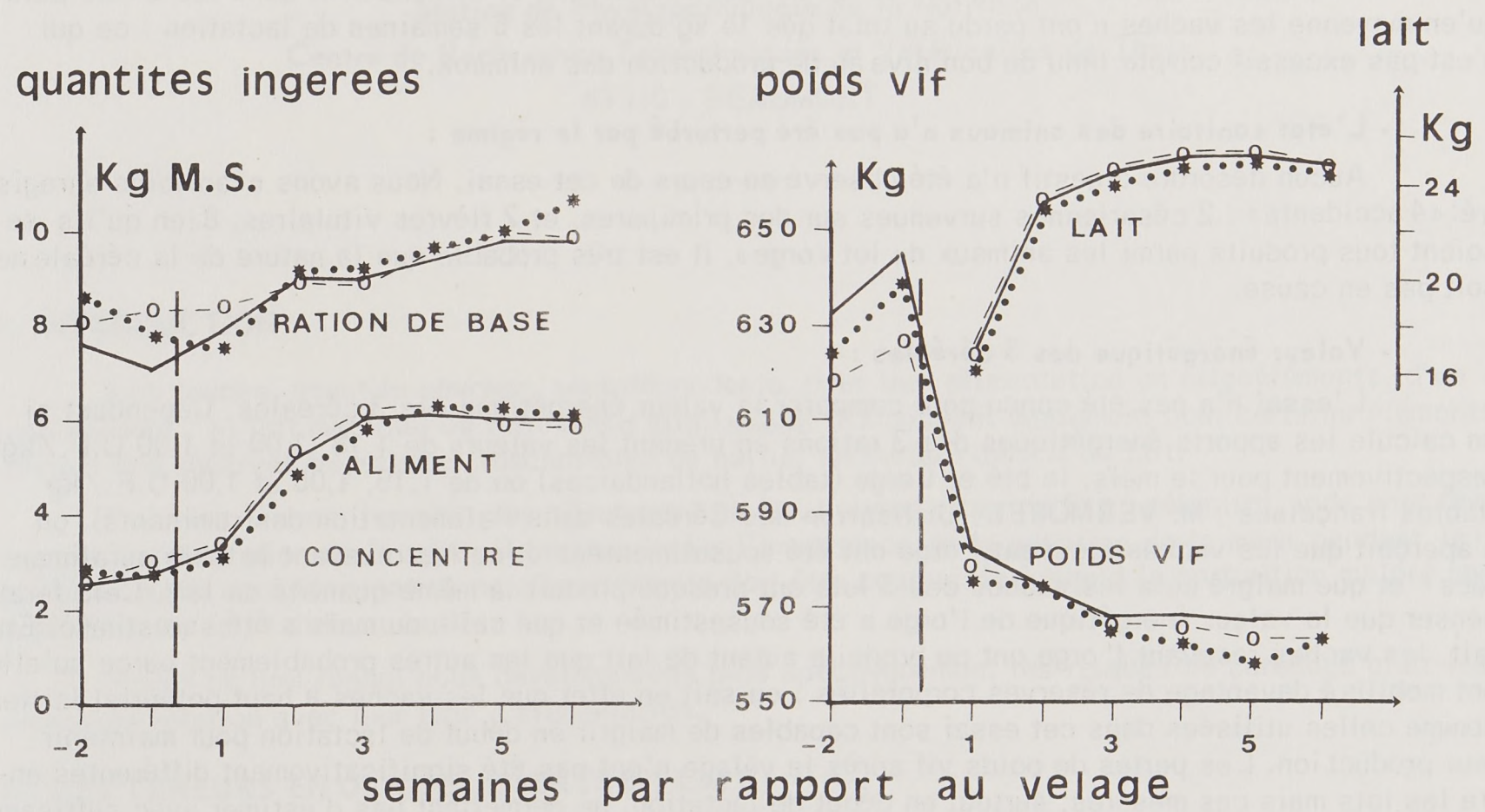
PRINCIPAUX RESULTATS : Moyennes journalières des 6 premières semaines de la lactation

	MAIS	BLE	ORGE
PRODUCTION ET COMPOSITION DU LAIT :			
- Production initiale (kg lait) (P I)	19,9	20,0	19,3
- Lait (kg)	23,4	23,5	22,9
- Lait (kg) (ajusté sur P I)	23,3	23,2	23,4
- Taux butyreux (g p. 1000)	37,9	38,7	38,8
- Taux matières azotées (g p. 1000)	33,4	34,9	33,0
POIDS VIF (kg)	571	568	566
QUANTITES D'ALIMENTS INGEREES (kg MS) :			
- Foin	2,28	2,34	2,27
- Ensilage d'herbe	3,65	3,90	4,19
- Pulpes sèches	3,16	2,98	2,82
- Aliment concentré	5,38	5,40	5,33
dont céréale - grain	3,76	4,12	3,97
Ration de base (p. 100 du poids vif)	1,59	1,62	1,64
Ration totale (p. 100 du poids vif)	2,53	2,57	2,58
APPORTS ENERGETIQUES (U.F.)	13,33	13,12	12,53
BILAN ENERGETIQUE (U.F.) (1)	0,38	0,07	- 0,31
(2)	0,28	- 0,13	- 0,28

(1) Calculé d'après les valeurs des Tables Hollandaises
(2) Calculé d'après les valeurs des Tables Françaises

FIGURE I

EVOLUTION DES QUANTITES INGEREES, DE LA PRODUCTION LAITIERE ET DU POIDS VIF AU COURS DE L'ESSAI



RESULTATS

Les quantités de fourrages ingérées ont été semblables quelle qu'ait été la céréale utilisée et elles ont évolué normalement.

Le maïs, le blé et l'orge ont représenté respectivement en moyenne pour les 6 premières semaines de la lactation 26, 28 et 27 p. 100 de la matière sèche de la ration totale (soit 38, 40 et 37 p. 100 des apports énergétiques).

Le niveau d'ingestion de la ration de base a été minimum au vêlage (7,70 kg M.S. en moyenne à la semaine - 1) et a augmenté en moyenne de 30 p. 100 entre cette même semaine et la 6ème semaine de la lactation. Cet accroissement de l'appétit correspond à celui qui a été observé par divers auteurs et en particulier par JOURNET (1969) (Alimentation des Vaches Laitières - Session I.T.E.B-I.N.R.A.) sur 215 vaches recevant une ration mixte à base de foin, d'ensilage d'herbe et de betteraves (4 kg MS). On note toutefois que les quantités de pulpes ingérées en moyenne par les 3 lots ont été légèrement différentes, alors qu'elles étaient distribuées en quantités limitées. Cela est dû au fait que 2 animaux du lot orge et un du lot blé ont fréquemment fait des refus importants de cet aliment.

- Les performances des animaux ont été bonnes et identiques :

La production laitière a évolué normalement avec une augmentation de 5,5, 5,7 et 5,7 kg (respectivement pour les lots maïs, blé et orge) entre la production initiale (moyenne des quantités de lait produites aux 4ème, 5ème et 6ème jours de la lactation), et le maximum hebdomadaire. Ce dernier, qui

a été de 25,4 kg (lot maïs), 25,7 kg (lot blé) et 25,0 kg (lot orge) a été atteint en 5ème, 5ème et 4ème semaine de lactation. Sur l'ensemble de la période expérimentale, les productions de lait moyennes ont été identiques surtout si on tient compte des différences existant au démarrage de la lactation (par analyse de covariance, en utilisant la production initiale comme covariable).

La composition du lait a aussi été normale et en particulier les taux butyreux enregistrés (38,4 g p. 1000 en moyenne) n'ont pas différé significativement selon la nature des céréales.

Le poids vif après le vêlage a évolué de façon identique et normalement dans les 3 lots puisqu'en moyenne les vaches n'ont perdu au total que 15 kg durant les 6 semaines de lactation ; ce qui n'est pas excessif compte tenu du bon niveau de production des animaux.

- L'état sanitaire des animaux n'a pas été perturbé par le régime :

Aucun désordre digestif n'a été observé au cours de cet essai. Nous avons néanmoins enregistré: « 4 accidents » : 2 césariennes survenues sur des primipares, et 2 fièvres vitulaires. Bien qu'ils se soient tous produits parmi les animaux du lot « orge », il est très probable que la nature de la céréale ne soit pas en cause.

- Valeur énergétique des 3 céréales :

L'essai n'a pas été conçu pour comparer la valeur énergétique des 3 céréales. Cependant si on calcule les apports énergétiques des 3 rations en prenant les valeurs de 1,18, 1,09 et 1,00 U.F./kg respectivement pour le maïs, le blé et l'orge (tables hollandaises) ou de 1,15, 1,05 et 1,00 U.F./kg (tables françaises ; M. VERMOREL, Utilisation des Céréales dans l'alimentation des ruminants), on s'aperçoit que les vaches recevant l'orge ont été sousalimentées et celles recevant le maïs suralimentées* et que malgré cela les vaches des 3 lots ont presque produit la même quantité de lait. Cela ferait penser que la valeur énergétique de l'orge a été sousestimée et que celle du maïs a été surestimée. En fait, les vaches recevant l'orge ont pu produire autant de lait que les autres probablement parce qu'elles ont mobilisé davantage de réserves corporelles ; on sait en effet que les vaches à haut potentiel laitier comme celles utilisées dans cet essai sont capables de maigrir en début de lactation pour maintenir leur production. Les pertes de poids vif après le vêlage n'ont pas été significativement différentes entre les lots mais ces mesures, surtout en début de lactation, ne permettent pas d'estimer avec suffisamment de précision l'importance de la mobilisation des réserves corporelles.

CONCLUSION

Avec le type de ration mixte utilisé dans cet essai, il apparaît donc que le maïs, le blé ou l'orge puisse être distribué comme seule céréale, du moins dans les limites où on les a employés. Cela confirme en particulier les possibilités encore plus importantes de l'utilisation du blé dans l'alimentation des vaches laitières, rapportées par THIVEND (1969 - B.T.I. - n° 244). Cependant, les conséquences possibles d'une utilisation sur de longues périodes d'une seule céréale dans l'aliment concentré restent encore à étudier, mais on peut penser à priori qu'elles seront faibles, compte tenu que cet essai a été réalisé à la période pendant laquelle les vaches reçoivent le plus d'aliment concentré.

Avec des rations de composition différente : proportion élevée de céréales, type particulier de fourrage (ensilage de maïs) ou de source azotée (proportion élevée d'azote non protéique) il est possible que l'une des céréales puisse être préférée. En effet, l'orge et le blé sont digérés plus rapidement** et de façon plus importante dans le rumen et produisent plus d'acides gras volatils ; les protéines de l'orge sont plus dégradées dans le rumen que celles du maïs***. Une expérimentation en cours a pour objet de comparer (au niveau digestif) l'orge, le maïs et la pulpe déshydratée comme compléments d'un ensilage de maïs-Urée.

* Les apports énergétiques des 3 rations ont été différents en raison de la méthode prédéterminée de distribution de l'aliment concentré après le vêlage qui est fonction de la production de lait des 4-5-6èmes jours de la lactation. Or, celle-ci a été plus faible pour le lot recevant l'orge.

** Utilisation des céréales dans l'alimentation des ruminants (C.R.Z.V. de Theix - 12-13-14 Janvier 1972). Editions S.E.I. - Etude n° 53 C.N.R.A.- Versailles

*** Journées d'information sur l'alimentationazotée des animaux (21-22 Novembre 1973). Editions INRA- 149, rue de de Grenelle - 75007 - PARIS

RISQUES DE CARENCES EN OLIGOELEMENTS CHEZ LES JEUNES RUMINANTS RECEVANT UN ALIMENT D'ALLAITEMENT

M. LAMAND

Station de Physiopathologie de la Nutrition
Centre de Recherches Zootechniques et Vétérinaires de Theix
63 110 - BEAUMONT

I. INTRODUCTION

Les jeunes, avant le sevrage, sont dépendants, pour leur alimentation en oligoéléments, d'un seul aliment : le lait maternel ou l'aliment d'allaitement. Ils peuvent également, pour certains éléments utiliser des réserves hépatiques susceptibles de pallier un certain déficit du lait.

Pour les jeunes, les réserves hépatiques en fer, cuivre, vitamine B_{12}, sélénium, iode sont fonction de l'alimentation de la mère. Il faut souligner l'importance de la nutrition de la mère pendant la gestation et la complémentation en oligoéléments doit être poursuivie jusqu'à la parturition malgré une production de lait faible ou nulle.

Après ce bref rappel nous développerons plus spécifiquement les risques de carences chez les jeunes en relation avec leur type d'alimentation.

II. LES TENEURS EN OLIGOELEMENTS DU LAIT

Dans une revue récente, GUEGUEN (1971) indiquait que les teneurs en minéraux du lait étaient inadaptées aux besoins des jeunes (tableau 1). Cet auteur indique que les teneurs pour certains oligoéléments du lait sont partiellement dépendantes de l'alimentation de la mère. Ces teneurs restent cependant le plus souvent insuffisantes même avec une supplémentation minérale des mères correctement ajustée.

Il faut cependant souligner deux exceptions ayant une importance pratique : l'iode et le sélénium. ALDERMAN et STRANKS (1967) ont obtenu chez la vache une corrélation élevée ($r = + 0,89$) entre l'iode ingéré et l'iode du lait. Un lait normal devrait contenir, pour ces auteurs, 25 μg d'iode par litre soit 0,2 mg/kg M.S. HEMKEN et al. (1972) ont obtenu chez des vaches recevant une ration riche en tourteau de soja et renfermant 0,8 - 0,9 mg d'iode/kg de M.S. un lait à 8 μg d'iode par litre. La teneur du lait passe à 81 μg/litre avec un supplément de 6,8 mg I/jour et à 694 μg/litre avec 68 mg I/jour.

Pour le sélénium, la teneur du lait est également fonction de la ration (LAMAND, 1972). Dans une région où les fourrages renferment moins de 0,04 mg Se/kg M.S., des laits de mélange renfermaient de 0,027 à 0,1 mg Se/kg M.S. (moyenne 0,058). Si la ration de base des vaches est portée à 0,2 mg Se/kg M.S., le lait renferme de 0,12 à 0,15 mg Se/kg M.S.

Pour le jeune préruminant le cobalt métallique n'a pas l'importance de la vitamine B_{12}. Cette vitamine est synthétisée par la flore du rumen de la mère, la quantité présente dans le lait semble relativement proportionnelle à la synthèse dans le rumen (WALKER et ELLIOT, 1972). Cette synthèse est elle-même dépendante de la teneur de la ration en cobalt.

TABLEAU I

LES OLIGOELEMENTS DU LAIT (1)

	Vache		Brebis	
	µg/litre	mg/kg M.S. (2)	µg/litre	mg/kg M.S.
Zn	2000 - 5000	15 - 38	3000 - 6000	18 - 35
Si	1500 - 7000	12 - 54	4000 - 6000	23 - 35
Al	500 - 1000	4 - 8	1500 - 2000	8,8 - 11,8
Fe	200 - 500	1,5 - 3,8	500 - 700	2,9 - 4,1
F	100 - 200	0,8 - 1,5		
Br	100 - 200	0,8 - 1,5		
Cu	20 - 150	0,15 - 1,15	150 - 200	0,9 - 1,2
Mo	50 - 80	0,4 - 0,6	30 - 50	0,18 - 0,3
Pb	40 - 80	0,3 - 0,6		
Mn	30 - 50	0,2 - 0,4		
As	30 - 50	0,2 - 0,4		
I	15 - 30	0,1 - 0,2		
Se	10 - 50	0,08 - 0,4		
Cr	10 - 20	0,08 - 0,15		
Co	0,5 - 1	0,004 - 0,008		
Vit. B_{12} (3)	3 - 6	0,02 - 0,05		

(1) D'après GUEGUEN, 1971.

(2) Les teneurs par rapport à la matière sèche ont été calculées à partir des chiffres précédant en supposant une teneur de 130 g de M.S. par litre pour le lait de vache et 170 g de M.S. par litre pour le lait de brebis.

(3) GREGORY, 1955 ; KAWASHIMA et al., 1962 ; KIM et al., 1965.

III. BESOINS DES JEUNES RUMINANTS EN OLIGOELEMENTS

Le fer

Habituellement on recherche une certaine anémie chez les jeunes ruminants pour obtenir une viande peu colorée à l'abattage. Cependant, au delà d'un certain seuil caractérisé par un hématocrite de 20 p. cent, une chute de croissance associée à divers troubles pathologiques apparaît (inappétence, sensibilité aux maladies infectieuses). Il est donc parfois utile de supplémenter les aliments d'allaitement.

BREMNER et DALGARNO (1973 a et b) indiquent que l'optimum se situe pour une teneur du lait voisine de 40 mg/kg M.S. : une telle teneur prévient l'essentiel des troubles, ne laissant persister qu'une légère anémie. La coloration de la viande est peu modifiée pour cette teneur (Mac DOUGALL et al., 1973). L'apport de fer doit alors être effectué sous forme d'un sel soluble (sulfate ou chlorure ferrique). La digestibilité se situe alors pour le veau à 43 p. cent pour la teneur proposée et les sels solubles cités. Ces auteurs obtiennent un enrichissement supplémentaire des tissus en fer pour des ingestions supérieures. L'Agricultural Research Council indique des besoins de 200 mg/kg M.S. Une telle teneur peut sans doute être envisagée dans le cas d'animaux d'élevage non destinés à un abattage précoce. En France, pour respecter des normes de blancheur de carcasses particulièrement sévères, la teneur le plus souvent adoptée se situe vers 15 mg Fe/kg M.S.

Le cuivre

Le lait étant très pauvre en cuivre, la période d'allaitement est surmontée par le jeune grâce

aux stocks de cuivre préexistants. Nous avons de temps en temps observé des accidents de carence clinique caractérisés par une décoloration des poils et un épaississement des articulations.

KHOURI et PICKERING obtiennent de bons résultats avec une supplémentation de 5 mg Cu/kg M.S. BREMNER et DALGARNO (1973 a et b) suppriment une carence en cuivre chez des veaux en croissance avec des régimes portés à 5 ou 10 mg/kg M.S. L'effet de la supplémentation n'est visible que dans la mesure où les animaux sont carencés c'est à dire ayant un cuivre hépatique faible à la naissance.

La rétention hépatique du cuivre ajouté à la ration est alors de 50 p. cent environ.

SUTTLE (1973) trouve une digestibilité apparente du cuivre de 71 p. cent, 47 p. cent, 10,8 p. cent respectivement 28 jours, 14 jours avant le sevrage et 15 jours après le sevrage chez les agneaux. Nous avons trouvé des chiffres du même ordre pour l'agneau après sevrage (LAMAND, 1973, résultats non publiés).

La digestibilité du cuivre chez le jeune étant élevée, il importe de ne pas dépasser notablement 10 mg Cu/kg M.S. dans la ration : l'intoxication en cuivre pourrait apparaître assez rapidement. BREMNER et DALGARNO (1973 a et b) obtiennent en effet avec la supplémentation en cuivre une teneur hépatique de 452 μg Cu/g M.S., ce qui est relativement élevé. Nous avons essayé, avec succès, chez des veaux, le traitement de l'anémie rebelle aux injections de fer par l'addition au lait de 5 mg Cu/kg M.S.

Le zinc

MILLS et al (1967) ont démontré que la limite de carence pour les veaux ou les agneaux en croissance et recevant un régime semi synthétique était voisine de 15 mg/kg M.S. Ces auteurs constatent que cette limite est différente de celle proposée par les autres auteurs dans les conditions de la pratique. Nous avons observé plusieurs fois des carences cliniques chez des veaux recevant un lait dont la teneur était de 25 à 28 mg/kg M.S. MILLER et MILLER (1962) considèrent qu'une supplémentation de 40 mg Zn/kg M.S. est suffisante. Nous avons utilisé avec succès une telle supplémentation dans le traitement et la prévention des carences observées.

La rétention du zinc chez le veau de lait est élevée et de l'ordre de 55 p. cent (MILLER et CRAGLE, 1964).

Certains accidents de carences que nous avons observés semblent dus à une mauvaise digestibilité, inexpliquée, du zinc. Quelques malades n'ont pas réagi à la distribution de lait enrichi en zinc mais à l'injection de 250 mg de zinc. Cette observation confirme des faits semblables rapportés par VAN ADRICHEM et al. (1971).

Le manganèse

GROPPEL et ANKE (1965) ont pu déclencher une carence chez le veau avec un régime à base de maïs et de lait renfermant 5 mg Mn/kg M.S. Cette limite est supérieure à la teneur des laits normaux. On ne connait pas les besoins des jeunes ruminants avant le sevrage.

UNDERWOOD (1971) dans une revue assez exhaustive propose pour les adultes des besoins de 25 mg Mn/kg M.S. et l'Agricultural Research Council propose 50 mg Mn/kg M.S. En raison de la faible toxicité du manganèse, il semble indiqué de remonter la teneur des aliments d'allaitement vers 50 mg Mn/kg M.S.

Le sélénium

Avec un lait renfermant 0,02 mg Se/kg M.S., nous avons obtenu une mortalité de 20 p. cent par myopathie et une morbidité de 50 p. cent (LAMAND, 1970). La myopathie est signalée avec une fréquence variable dans une aire géographique où les laits ont une teneur comprise entre 0,027 et 0,100 mg Se/kg M.S. (LAMAND, 1972). Nous n'avons pas obtenu de malade pour une teneur du lait de 0,09 mg Se/kg M.S. La limite de carence se situe sans doute vers cette teneur. La légilsation française permet d'ailleurs actuellement d'ajouter, au maximum, 0,1 mg Se/kg M.S. aux aliments d'allaitement (Communiqué du service de la répression des Fraudes et du Contrôle de la qualité de juillet 1973).

L'iode

L'Agricultural Research Council passe en revue les quelques rares données sur les besoins en iode des ruminants, recommande pour des animaux hors gestation et hors lactation 0,12 mg/kg M.S. HEMKEN et al (1972), chez des veaux après le sevrage, montrent que cette teneur de la ration est suffisante. Un lait normal est susceptible de fournir un tel apport d'iode et on peut supposer que les besoins annoncés pour les veaux en croissance sont transposables aux animaux avant le sevrage.

La vitamine B_{12}

LASSITER et al. (1953) indiquent des besoins de 20 à 40 μg de vitamine B_{12} / kg M.S. Le lait de composition normale devrait donc couvrir les besoins du veau.

Le chrome

On peut se demander dans quelle mesure le lait normal n'est pas carencé en chrome. Les teneurs de 10 à 20 μg/litre de lait de vache données par KIRGHGESSNER (1959), soit voisines de 0,1 mg/kg M.S., sont faibles.

En effet, de nombreux auteurs (cités par UNDERWOOD, 1971) ont obtenu des carences chez le rat avec un aliment à 0,1 mg Cr/kg M.S., les témoins recevant de 2 à 5 mg Cr/kg M.S.

La carence chez les ruminants est pratiquement inconnue; cependant des jeunes, dans un environnement particulièrement exempt de poussières et autres contaminations, pourraient ne pas recevoir suffisamment de cet élément.

IV. CONCLUSIONS

A l'exception de l'iode, du sélénium et de la vitamine B_{12}, le lait des vaches recevant une complémentation minérale correcte n'a pas une composition adéquate pour le jeune. La teneur en fer, cuivre, zinc, manganèse est toujours insuffisante.

La digestibilité des oligoéléments est en général élevée chez les jeunes. Les besoins sont assez mal connus. Les recommandations qu'on peut proposer sont résumées dans le tableau 2.

Les aliments d'allaitement doivent être corrigés quant à leur composition minérale et ce, d'autant plus qu'ils sont à base de lait en poudre.

TABLEAU II

BESOINS EN OLIGOELEMENTS DES JEUNES RUMINANTS
RECEVANT UN ALIMENT D'ALLAITEMENT

Elément	Besoins
Fer	15 mg/kg M.S.
Cuivre	5 à 10 mg/kg M.S.
Zinc	50 mg/kg M.S.
Manganèse	50 mg/kg M.S.
Sélénium	0,1 mg/kg M.S.
Iode	0,12 mg/kg M.S.
Vitamine B_{12}	0,02 à 0,04 mg/kg M.S.
Cr (?)	2 mg/kg M.S.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL The nutrient requirements of farm livestock. N°2 Ruminants, Londres, 1965

ALDERMAN G., STRANKS M.H., 1967. J. Sci. Food Agric., 18, 151

BREMNER I., DALGARNO A.C., 1973 a. Br. J. Nutr., 29, 229,243

BREMNER I., DALGARNO A.C., 1973 b. Br. J. Nutr., 30, 61-76

GREGORY M.E., 1955. Dairy Sci Abstr., 17 (3), 187

GROPPEL B., ANKE M., 1971. Arch Experim. Veterinärmedizin, 25, 52, 779-785

GUEGUEN L., 1971. Ann. Nutr. Alim., 25, A 335-A381

HEMKEN R.W., VANDERSALL J.H., OSKARSSON M.A. FRYMAN L.R., 1972, J. Dairy Sci., 55 (7), 931-934

KAWASHIMA R., VESAKA S., MITSUHASHI M., 1962. Dairy Sci. Abst. 24 (3), 156

KHOURI R.H., PCKERING F.S., 1969. N.Z.J. Agric. Res., 12, 509-518

KIM Y.P., GIZIS J.R., 1965. J. Nutr., 86, 394

KIRGHGESSNER M., 1959. Z. Tierphysiol. Tier rernahr. Futtermitt., 14, 270-278

LAMAND M., 1970. C.R. Acad. Sci. série D. Paris 270, 417-420

LAMAND M., 1972. Ann. Zotech., 21 (1), 29-35

LASSITER C.A., WARD G.M., HUFFMAN C.F., DUNCAN C.W., WEBSTER H.D., 1953. J. Dairy Sci., 36, 997

Mac *DOUGALL D.B., BREMNER I., DALGARNO A.C.*, 1973, J. Sci. Food Agric. 24, 1255-1263

MILLER J.K., MILLER W.J., 1962. J. Nutr. 76 (4), 467-474

MILLER J.K., CRAGLE R.G., 1964. J. Dairy Sci. 48, 370-373

MILLS C.F., DALGARNO A.C., WILLIAMS R.B., QUARTERMAN J., 1967. Br. J. Nutr. 21, 751

SUTTLE N.F., 1973. Proc. Nutr. Soc. 32, 24 A - 25 A

UNDERWOOD E.J., 1971 Trace elements in human and animal nutrition. Ac. Press New York, Londres, ed.

VAN ADRICHEM W.M., VAN LEEUWEN J.M., VAN KLUYVE J.J., 1971. Neth. J. Vet. Sci. 4 (1), 57-63

WALKER C.K., ELLIOT J.M., 1972, J. Dairy Sci., 55 (4), 474-479

VALEUR ALIMENTAIRE D'UN MAIS MALE STERILE MESUREE SUR DES MOUTONS

J. ANDRIEU

Laboratoire des Aliments

C.R.Z.V. de Theix - 63110 - BEAUMONT

Dans le cadre général des études entreprises au Laboratoire des Aliments sur la valeur alimentaire du maïs-fourrage, nous avons étudié, deux années de suite et durant les 9 ou 10 semaines qui ont suivi la floraison femelle, l'évolution de la composition et de la valeur alimentaire à l'état frais de la variété mâle-stérile Sucrensilage. A partir des mêmes parcelles nous avons, en outre, préparé 6 ensilages au total. Chaque année la plante entière a été ensilée sans additif 5 ou 6 semaines après la floraison et avec ou sans urée et minéraux 8 semaines après la floraison. Semée en terre fertile de Limagne (près de Clermont-Fd) à des peuplements par ha de 49 700 pieds en 1970 et 96 400 pieds en 1971, la variété demi-tardive Sucrensilage a fleuri le 3 Août 1970 et 12 Août 1971 soit 15 à 20 jours après des maïs normaux appartenant aux groupes de précocité 0 et 1 semés à dates identiques dans les mêmes parcelles.

LA PLANTE A L'ETAT FRAIS

Composition :

En raison de la fécondation partielle du grain par le pollen provenant soit du Sucrensilage lui-même soit des maïs normaux implantés à proximité, le pourcentage de grain dans la matière sèche de la plante a augmenté lentement pour atteindre 9 à 10 semaines après la floraison 30 et 20 p. 100 respectivement en 1970 et en 1971. La teneur en matière sèche du Sucrensilage a augmenté plus lentement que dans le cas des maïs précoces semés à proximité (0,15 à 0,22 contre 0,35 point/jour). Elle a varié dans des limites très différentes d'une année à l'autre : elle est passée en effet de 16 à 30 p. 100 en 1970 (conditions climatiques très favorables) et de 12 à 20 p. 100 en 1971. L'évolution de la composition chimique avec l'âge de la plante a été lente (figure 1). A teneur en matière sèche du grain comparable et voisine de 30-35 p. 100 (consistance laiteuse), la composition chimique du Sucrensilage ne s'est différenciée de celle d'un maïs précoce implanté en 1971 à proximité que par une teneur en cellulose brute plus élevée (24,8 contre 21.0 p. 100).

Valeur alimentaire :

La digestibilité de la matière organique du Sucrensilage a été en moyenne pour les deux années de 65,8 p. 100 (soit 0,64 U.F./kg de matière sèche), valeur qui est inférieure de 8 p. 100 à celle que nous avons obtenue en moyenne dans le cas de 20 maïs précoces étudiés au Laboratoire entre la floraison et la maturité (71,5 p. 100 soit 0,77 U.F./kg de M.S.). Les résultats des travaux étrangers portant sur la comparaison entre les maïs mâles-stériles et les maïs fertiles sont souvent contradictoires. Cependant, les études dans lesquelles cette comparaison a été faite dans des conditions d'isolement rigoureuses afin d'éviter le plus possible la fécondation du maïs mâle-stérile, concluent généralement à la supériorité du maïs fertile en ce qui concerne la digestibilité de la matière organique et la valeur énergétique (BRATZLER et al. (1) ; CUMMINS et Mc CULLOUGH (2). La digestibilité a peu évolué durant les 6 ou

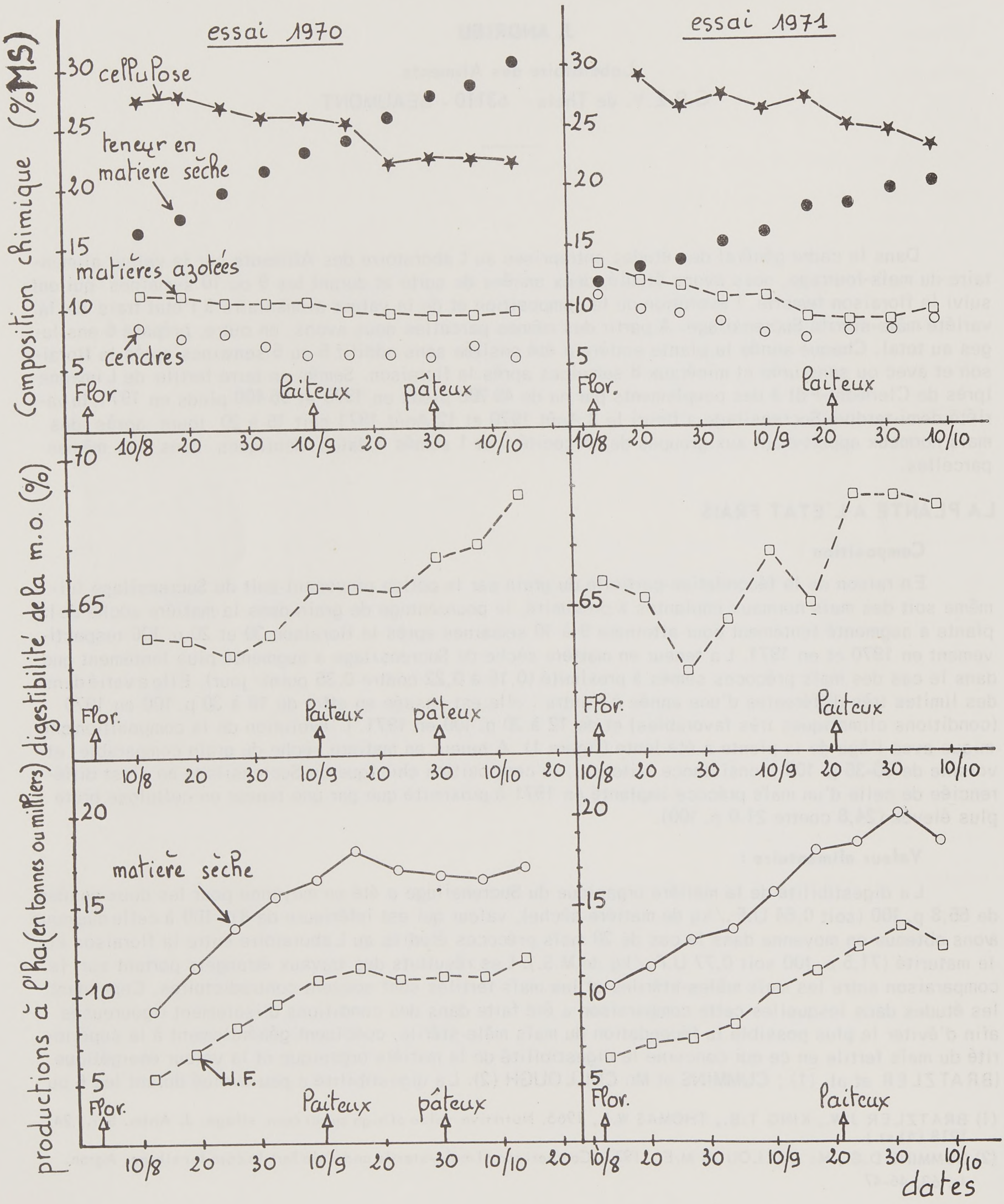
(1) BRATZLER J.W., KING T.B., THOMAS W.I., 1965. Nutritive value of high sugar corn silage. J. Anim. Sci., 24, 1218 (Abst.).

(2) CUMMINS D.G., Mc CULLOUGH M.E., 1971. Comparison of male-sterile and male fertile corn for silage. Agron. J., 63, 46-47

7 premières semaines où elle est restée voisine de 65 p. 100 dans les deux essais (figure 1), puis a augmenté, vraisemblablement en raison de l'accroissement de la teneur en grain de la plante, pour atteindre 68 p. 100 en fin d'étude.

FIGURE I

EVOLUTION DE LA COMPOSITION CHIMIQUE, DE LA VALEUR NUTRITIVE ET DE LA QUANTITE D'ELEMENTS NUTRITIFS PRODUITE A L'HECTARE CHEZ LA VARIETE SUCRENSILAGE



La teneur en matières azotées digestibles a été en moyenne pour les deux années de 62 g par kg de matière sèche. Dépendant essentiellement de la teneur en matières azotées de la plante, elle a été comparable, pour une même teneur en matière sèche dans le grain, à celle de maïs normaux ayant poussé dans les mêmes conditions.

La quantité de matière sèche de Sucrensilage volontairement ingérée par le mouton a été élevée et supérieure de 20 p. 100 en moyenne à celle que nous avons mesurée sur les 20 maïs précoces étudiés au Laboratoire (2,25 contre 1,9 kg de M.S./ 100 kg de poids vif). Cependant cette supériorité, observée globalement, pourra être d'importance variable suivant les conditions climatiques de l'année. En effet, la quantité ingérée de Sucrensilage a été nettement plus faible en 1971 qu'en 1970 (2,15 contre 2,40 kg) et cela en raison, sans doute, d'une teneur en matière sèche plus faible.

Productions à l'hectare :

Les quantités de matière sèche et d'U.F. récoltées à l'hectare ont augmenté régulièrement après la floraison pour être maximum environ 5 à 6 semaines plus tard (figure 1) lorsque le grain était au stade laiteux. Les quantités maximum produites ont été alors élevées : 17 tonnes de matière sèche et 11.000 U.F. en 1970 et 19 tonnes et 13.000 U.F. en 1971. A titre indicatif, la comparaison, en 1970, de ces résultats à ceux obtenus sur 6 maïs normaux et précoces cultivés dans le même champ à des peuplements compris entre 70.000 et 98.000 pieds par ha, montre que si la variété Sucrensilage a produit un peu plus de matière sèche (4 p. 100), sa production d'U.F. par ha a été par contre inférieure de 8,3 p. 100.

La plante de maïs mâle-stérile est donc intéressante pour l'affouragement en vert car sa valeur nutritive varie peu après la floraison (0,60 - 0,65 U.F./kg de M.S.), et la quantité qui en est ingérée est élevée, tout au moins lorsque sa teneur en matière sèche est supérieure à environ 18 p. 100. Son exploitation à l'état frais ne devrait pas se situer avant la 4ème semaine suivant la floraison : elle est alors plus riche en matière sèche, surtout si elle a été partiellement fécondée, et par là mieux consommée ; de plus les productions maximum de matière sèche et d'U.F./ha sont près d'être atteintes, ou atteintes (s'il n'y a pas fécondation).

LA PLANTE ENSILEE

Malgré une teneur en matière sèche et en grains faible, la plante de Sucrensilage se conserve bien sous forme d'ensilage en raison de sa richesse en glucides solubles (15 à 20 p. 100 de la matière sèche - tableau 1). Cependant, les pertes de matière sèche durant la conservation (jus, gaz, inconsommable en surface) ont été en moyenne un peu plus élevées (13,2 contre 9,1 p. 100) que celles enregistrées dans le même type de silo avec des maïs normaux. Comme dans le cas des maïs normaux, la diminution de digestibilité entraînée par la conservation a été en moyenne nulle. La quantité ingérée de Sucrensilage a été en moyenne légèrement supérieure (5 p. 100) à celle obtenue dans le cas des 53 ensilages de maïs normaux étudiés au Laboratoire (2,0 contre 1,9 kg M.S./ 100 kg de poids vif.) Par rapport à des maïs normaux, la diminution de quantité ingérée entraînée par la conservation a été en moyenne plus importante (12,3 contre 6,8 p. 100). Elle a été particulièrement élevée (22,6 p. 100) en 1971, ce qui peut s'expliquer par une teneur en matière sèche en moyenne plus faible qu'en 1970 et par le fait que la teneur en azote de l'ensilage sans additif récolté 8 semaines après la floraison était cette année-là un facteur limitant des quantités ingérées.

En conclusion, le Sucrensilage semble moins intéressant que les maïs normaux pour l'ensilage. En effet, si les caractéristiques fermentaires sont bonnes, les pertes de matière sèche en cours de conservation sont certainement, dans les conditions de la pratique et en année normale, plus importantes que dans le cas d'un maïs fécondé par suite d'une teneur en matière sèche plus faible. Son ensilage étant moins riche en énergie (0,60 - 0,65 U.F. contre 0,75 U.F./kg M.S.) et ingéré en quantités pratiquement comparables, sa valeur alimentaire sera donc inférieure.

TABLEAU I

COMPOSITION CHIMIQUE ET VALEUR ALIMENTAIRE DE LA PLANTE DE SUCRENSILAGE AVANT ET APRES ENSILAGE (1)

	Composition chimique (p. 100)						Caractéristiques de la conservation (3)				Valeur nutritive		Matière sèche ingérée (kg/100 kg Poids vif)
	Matière sèche	Cendres	Matières azotées	Cellulose brute	Glucides solubles	Amidon	pH	N-NH3/N total (p. 100)	Acide lactique (g/kg MS)	Acide acétique (g/kg MS)	Digestibilité de la MO (p. 100)	U.F./kg M.S.	
ESSAI 1970													
5 semaines après la floraison													
- Plante sur pied	22,5	6,6	9,8	23,5	20,6	4,8	-	-	-	-	65,7	0,65	2,47
- Plante ensilée	23,0	6,4	8,7	26,0	4,4	3,9	3,57	5,0	77,3	17,6	66,1	0,65	2,31
8 semaines après la floraison													
- Plante sur pied	27,9	6,4	9,8	22,5	16,7	10,2	-	-	-	-	66,7	0,67	2,30
- Plante ensilée (témoin)	27,9	6,2	9,1	23,2	1,1	12,2	3,80	5,2	59,6	16,0	66,9	0,67	2,24
- Plante ensilée (+ urée et minéraux) (2)	28,4	7,4	12,8	22,3	1,8	9,6	3,77	7,3	71,7	15,9	67,8	0,68	2,36
ESSAI 1971													
6 semaines après la floraison													
- Plante sur pied	19,2	7,4	8,7	24,0	22,9	2,4	-	-	-	-	68,6	0,69	2,19
- Plante ensilée	19,8	7,6	8,7	28,0	2,3	1,6	3,62	5,5	60,6	20,7	66,0	0,64	1,56
8 semaines après la floraison													
- Plante sur pied	21,1	7,3	9,4	22,5	19,2	6,8	-	-	-	-	68,3	0,68	2,32
- Plante ensilée (témoin)	22,2	6,8	9,2	25,0	4,0	6,1	3,75	6,5	50,0	16,2	68,7	0,70	1,68
- Plante ensilée (+ urée et minéraux) (2)	23,4	9,2	17,3	22,6	3,2	6,0	3,85	8,5	63,1	16,5	72,0	0,75	2,05

(1) Toutes les valeurs concernant la plante ensilée ont été corrigées pour les pertes de produits volatils durant le séchage à l'étuve.

(2) Un mélange solide contenant 50 p. 100 d'urée et 50 p. 100 de minéraux a été incorporé à la mise en silo à raison de 10 kg / tonne.

(3) Il n'y avait pas d'acide butyrique

LES RECHERCHES DU LABORATOIRE D'ETUDE DU METABOLISME AZOTE

R. PION

Une part importante de la nutrition azotée de l'homme est réalisée dans les pays développés par l'intermédiaire de la transformation d'aliments végétaux en protéines animales. Le rendement de cette transformation est généralement faible et il est nécessaire d'essayer de l'améliorer en intervenant sur les différents facteurs qui le conditionnent.

L'alimentation azotée des monogastriques doit permettre la satisfaction de leurs besoins azotés, qui correspond à la fourniture d'un certain nombre d'acides aminés indispensables qu'ils ne sont pas capables de synthétiser pour satisfaire la demande de leurs tissus, et d'un apport d'azote indifférencié en particulier sous forme d'acides aminés non indispensables. Les différents acides aminés indispensables sont généralement présents dans les aliments sous forme de protéines qui sont hydrolysées au cours de la digestion, mais peuvent aussi se trouver pour une proportion généralement faible sous forme d'acides aminés libres directement absorbables par le tube digestif de l'animal. Les différents acides aminés ingérés sous forme libre ou provenant de la digestion des protéines sont transportés vers les tissus utilisateurs en majeure partie sous forme libre par le sang, et peuvent ensuite être utilisés en particulier pour les synthèses protéiques, aboutissant ainsi à la production de protéines tissulaires dont les plus intéressantes pour l'homme sont celles du muscle.

Chez le ruminant, les phénomènes digestifs sont compliqués par la présence dans le rumen d'une flore et d'une faune microbiennes qui transforment fortement les matières azotées ingérées. Il n'y a plus dans ce cas de relation directe entre les acides aminés « indispensables » ingérés et ceux qui vont être fournis aux différents tissus de l'animal par son tube digestif.

Les travaux du laboratoire portent sur les différentes étapes de cette transformation des aliments en protéines tissulaires ; ils comprennent l'étude :

- de la composition en acides aminés des aliments,
- des facteurs digestifs et de l'utilisation éventuelle d'acides aminés libres complémentaires,
- de l'utilisation métabolique de ces acides aminés,
- de l'influence de divers facteurs sur leur incorporation dans les protéines tissulaires.

Ils comportent deux aspects :

- des études de mécanismes, réalisées soit directement sur l'animal pour lequel se pose un problème zootechnique, lorsque cela est possible techniquement et économiquement, soit sur un animal modèle, comme le rat ou de petits ruminants, choisis en fonction de commodités expérimentales et de critères économiques (coût élevé des radioéléments, nécessité de destruction des animaux qui les ont reçus à la fin de l'expérience).

- des travaux appliqués, qui découlent généralement des précédents, portant sur l'étude des aliments et celle de la nutrition azotée des différentes espèces présentant un intérêt zootechnique. Une partie des résultats obtenus peut trouver son application dans l'utilisation directe par l'homme d'aliments végétaux.

Les travaux concernant la nutrition azotée sont souvent effectués en collaboration avec les Stations de Recherches sur l'Elevage, tant pour leur orientation que pour la réalisation de certains d'entre eux.

COMPOSITION EN ACIDES AMINES DES ALIMENTS (R. PION, J. PRUGNAUD)

Devant le manque de connaissances dans ce domaine, des travaux faisant appel à l'utilisation des méthodes de dosage microbiologiques des acides aminés avaient été entrepris à Jouy-en-Josas par G. FAUCONNEAU. Ces travaux ont pu être largement développés grâce à la mise au point des méthodes chromatographiques (MOORE et STEIN) par R. PION et G. FAUCONNEAU à Jouy-en-Josas jusqu'en 1968 puis à Theix. Ces travaux ont pris une réelle extension à partir de l'achat d'un équipement de dosage automatique en 1962. Les difficultés particulières du dosage des acides aminés soufrés ont été résolues, avec C. DE BELSUNCE dès 1960 en ce qui concerne le dosage de la cystine et dès 1963 en ce qui concerne le dosage simultané de la méthionine et de la cystine. Il n'en a pas été de même dans le cas du dosage du tryptophane, qui a nécessité de longues années de mise au point avant de donner des résultats satisfaisants. Nous disposons actuellement d'une méthode permettant d'obtenir des résultats valables pour cet acide aminé et pouvons ainsi déterminer avec une précision suffisante la composition en acides aminés complète des différents aliments.

Nous avons dans cette étude cherché à déterminer pour chaque type d'aliment ou de produit à la fois leur composition moyenne et les possibilités de variations de leur composition en fonction des conditions de production ou des traitements technologiques. Nous avons pour cela travaillé en collaboration avec des chercheurs des Départements de Physiologie Végétale et d'Amélioration des Plantes. Les résultats obtenus, qui ont donné lieu à un certain nombre de publications, sont régulièrement complétés. Nous avons étudié ainsi les principaux aliments entrant dans les rations des animaux, l'influence de la fumure et en particulier de la fumure azotée sur la composition des produits agricoles (céréales, pommes de terre) et contribué à des travaux sur l'amélioration génétique des céréales (maïs Opaque 2, amylose extender, etc...), ou d'autres plantes cultivées (tournesol, féverolle, poids...). Nous avons également participé à des travaux sur la recherche de nouvelles protéines alimentaires, levures ou autres microorganimes, utilisables par les animaux ou éventuellement par l'homme.

Les différents résultats obtenus montrent que les possibilité de variation de la composition en acides aminés des principales matières premières alimentaires sont généralement faibles et souvent prévisibles. Aussi ces résultats peuvent-ils être utilisés pour la rédaction de tables de composition qui doivent permettre dans la plupart des cas de réaliser des régimes capables de satisfaire les besoins des animaux. Ces tables devront être revues principalement en fonction de l'évolution des conditions de production et en particulier des progrès de la génétique végétale et des procédés technologiques.

UTILISATION DIGESTIVE DES ACIDES AMINES CHEZ LE MONOGASTRIQUE

Les protéines alimentaires sont mises en présence, au cours de leur passage dans le tube digestif, d'enzymes dont le rôle est de les digérer pour les transformer en peptides et en acides aminés libres. Cette digestion peut être complétée par la paroi même du tube digestif, dont les cellules renferment des enzymes capables de libérer les acides aminés de certains peptides.

Les enzymes, qui peuvent être sécrétés sous forme de sucs digestifs bien individualisés, ou provenir de la muqueuse du tube digestif, sont elles mêmes des protéines, constituées d'acides aminés qui peuvent, s'ils sont libérés par la digestion, s'ajouter aux acides aminés provenant de l'alimentation. En outre la paroi du tube digestif se renouvelle constamment et les protéines qui la constituent se déversent dans le tube digestif, et constituent également une source d'acides aminés. Le résultat final de la digestion dépendra aussi bien des acides aminés provenant des matières azotées alimentaires, appelées également exogènes, que de ceux qui auront pu être libérés à partir des sucs digestifs et des produits du renouvellement du tissu digestif, qui constituent l'ensemble des matières azotées d'origine endogène.

Digestion des protéines et absorption des acides aminés chez le porc (R. PION, J. PRUGNAUD en collaboration avec A. RERAT).

Nous avons entrepris l'étude du résultat global des phénomènes digestifs en étudiant la cinétique de la composition en acides aminés libres du sang porte au cours de la digestion afin de déterminer les quantités des différents acides aminés qui sont mises à la disposition de l'organisme à la suite de l'ingestion d'un repas. Cette étude a été entreprise à Jouy-en-Josas en collaboration avec RERAT, mais

a pu néanmoins être poursuivie depuis la décentralisation du laboratoire en 1968 grâce à la poursuite d'une collaboration entre les deux centres. Nous avons ainsi étudié la digestion de différentes protéines alimentaires, ainsi que l'absorption d'acides aminés libres (lysine et méthionine de fabrication industrielle) ingérés simultanément à un repas protéique. Ces études ont été facilitées dans le cas de la méthionine par l'utilisation de méthionine radioactive ^{35}S.

Nous avons montré qu'il y avait une relation directe entre les qualités d'acides aminés indispensables ingérés et leur concentration dans la veine porte, contrairement à ce que l'on observe dans le cas de certains acides aminés non indispensables dont les apports digestifs sont fortement modifiés par des métabolisations dans la muqueuse intestinale.

Nous avons mis en évidence des différences dans les cinétiques de digestion des protéines étudiées, qui peuvent avoir des conséquences aussi bien sur leur supplémentation mutuelle que sur leur supplémentation par des acides aminés.

Les études en cours actuellement, appliquées à la supplémentation de la farine de poisson par la méthionine, comportent des déterminations simultanées des teneurs en acides aminés du sang artériel et du sang porte, et la mesure du débit sanguin dans la veine porte.

Azote endogène digestif

Il semble que les matières azotées d'origine endogène soient peu digérées par les enzymes de l'animal dans les premières parties du tube digestif mais soient plutôt sujettes à une digestion microbienne notamment dans le gros intestin et en particulier le coecum. C'est pourquoi nous avons été amenés à utiliser pour l'étude de cet azote endogène des animaux sans flore (axéniques) en les comparant à des animaux possédant une flore intestinale (holoxéniques). Deux types de travaux ont été effectués :

- l'étude de la composition des contenus digestifs et des fécès (E. COMBE, R. PION) ; les contenus de coecum de rats axéniques se distinguent en particulier par la présence d'une quantité importante de petites molécules azotées (urée, acides aminés etc...). L'excrétion azotée est plus importante ce qui entraîne une diminution de la digestibilité apparente de la plupart des acides aminés. L'extension des travaux réalisés à des espèces d'intérêt zootechnique (agneaux, chevreaux) est entreprise en collaboration avec le Laboratoire de Microbiologie.

- des études dynamiques, comportant l'utilisation d'acides aminés marqués (E. COMBE). Elles ont montré que le catabolisme oxydatif de la lysine et de l'acide glutamique est ralenti par l'absence de flore intestinale, et que l'absorption de l'eau et des acides aminés libres est inhibée au niveau du caecum. Le marquage consécutif à une injection intrapéritonéale d'acides aminés des composés solubles présents dans la lumière intestinale est ralenti et diminué par la présence d'une flore intestinale.

Digestibilité des acides aminés des différents aliments (R. PION, E. MENDES PEREIRA, J. PRUGNAUD)

La mesure de la digestibilité apparente de l'azote ne donne qu'une idée approximative de la digestibilité apparente des différents acides aminés, puisque les coefficients d'utilisation digestive individuels de ces derniers peuvent différer sensiblement de celui de l'azote. Les différences importantes observées entre aliments peuvent être dues soit à la nature de leurs matières azotées, et éventuellement au traitement technologique qu'elles ont subi, soit à des différences dans le métabolisme des matières azotées d'origine endogène liées en particulier à la présence de glucides alimentaires qui favorisent le développement de la flore bactérienne. Les résultats obtenus permettent dans certains cas de corriger les données de l'analyse de l'aliment en tenant compte de l'utilisation digestive incomplète de certains acides aminés, et d'orienter les procédés de fabrication d'aliments éventuellement utilisables par l'homme vers l'élimination de certains glucides qui peuvent être à l'origine d'inconvénients digestifs.

UTILISATION DIGESTIVE DE L'AZOTE CHEZ LE RUMINANT (C. CHAMPREDON, R. PION)

Les matières azotées des aliments du ruminant contiennent des protéines, mais aussi, en proportions variables mais souvent importantes, des peptides, des acides aminés et des nutriments azotés

relativement simples, présents dans les fourrages ou d'origine industrielle (urée).

Elles sont mélangées dans le rumen en particulier à l'urée provenant de la salive et y subissent l'action de la flore microbienne et de protozoaires qui lui sont généralement associés. Les produits de la digestion dans le rumen sont très différents des matières azotées ingérées et constitués, pour une part importante, de corps microbiens dont le développement est réalisé grâce à l'utilisation simultanée de molécules azotées (essentiellement de l'ammoniac dans le cas des bactéries) et de nutriments énergétiques provenant des glucides alimentaires.

Nous avons utilisé, pour étudier les produits de ces remaniements au cours de la digestion de diverses rations, l'analyse de contenus digestifs prélevés à la sortie du rumen soit dans la caillette, soit dans le duodénum.

L'influence de la digestion intestinale a été estimée dans certains cas en analysant en outre des échantillons de contenus prélevés dans les parties distales de l'intestin. Les prélèvements provenaient dans un certain nombre de cas d'animaux fistulés utilisés par des chercheurs du département élevage des ruminants (THIVEND, PONCET, JOURNET, VERITE).

Nous avons développé une méthodologie (R. PION) dérivée de celle que nous avons utilisée chez le monogastrique, en particulier pour l'étude des contenus de caecum d'animaux axéniques et holoxéniques, en l'adaptant à la nature particulière des matières azotées susceptibles d'être présentes dans les échantillons analysés. Nous séparons diverses catégories de composés azotés en fonction de leur solubilité dans divers agents d'extraction, et caractérisons les extraits obtenus et les résidus par leur composition en acides aminés et, au moins dans certains cas, une estimation approximative de la dimension des molécules qu'ils renferment.

Nous avons constaté que :

Les compositions en acides aminés des matières azotées de contenus de duodénum ou de caillette d'animaux adultes ayant de faibles besoins (bovins, chèvres) ne varient pas de manière sensible en fonction de la nature de la ration ingérée (fourrages verts, secs ou ensilés, tourteaux, céréales, betteraves) ni au cours de la journée. Elles sont assez voisines de celles des microorganismes du rumen et donc pauvres en histidine et en acides aminés soufrés.

Les proportions de matières azotées alimentaires arrivant dans l'intestin sont donc faibles par rapport aux acides aminés d'origine microbienne chez ces animaux, mais restent à déterminer dans le cas d'animaux ayant des besoins élevés ne pouvant être couverts par la synthèse protéique dans le rumen.

C'est pourquoi une étude (thèse S. CHABI) a été entreprise pour étudier les transformations subies dans le tube digestif de tourteaux ayant subi ou non un traitement technologique (formol) destiné à les protéger.

Nous avons également étudié chez l'agneau (R. PION) l'utilisation digestive des protéines de diverses céréales (blé, orge, maïs) tant dans le rumen que dans l'intestin, en cherchant en particulier à préciser l'importance des transformations subies par les prolamines.

Nous avons en outre entrepris l'étude de l'utilisation digestive dans le rumen de certains composés soufrés fabriqués industriellement (DL méthionine, MHA et sulfate de sodium) grâce à l'utilisation de composés marqués au ^{35}S. Les premiers résultats obtenus montrent qu'une fraction non négligeable (10 à 20 p. 100) de la méthionine introduite dans la ration arrive dans l'intestin sans avoir subi de remaniements importants. Une partie notable du soufre de la méthionine est incorporée sous forme de méthionine et de cystine dans les protéines microbiennes mais une quantité relativement importante des produits de transformation de cet acide aminé renferment du soufre passant dans le sang avant d'être vraisemblablement excrété.

ACIDES AMINES TISSULAIRES ET NUTRITION AZOTEE

Les acides aminés libres du sang constituent la principale forme de transport des produits de la digestion des protéines vers les tissus utilisateurs, et les acides aminés libres du muscle, dont les teneurs sont dans certains cas plus élevées que celles du sang, constituent des matériaux disponibles pour la synthèse protéique dans ce tissu. Leurs concentrations résultent de la différence entre les ap-

ports et les prélèvements par les cellules du tissu musculaire. Leur étude peut donc permettre de se faire une idée des quantités d'un acide aminé qui sont disponibles par rapport aux besoins. C'est pourquoi nous avons étudié la relation qu'il y avait entre les apports alimentaires de certains acides aminés indispensables et les teneurs du sang et du muscle en ces acides aminés (R. PION, M. PAWLAK). Ce travail a été effectué grâce à l'utilisation de rations de composition connue comportant des apports variables de l'acide aminé étudié et correctement équilibrées par ailleurs. Des courbes de concentrations sanguine et musculaire en fonction des apports alimentaires ont ainsi été établies. L'amplitude des variations observées est extrêmement forte puisque la teneur en lysine du muscle des animaux ayant une ration fortement supplémentée est plus de 25 fois supérieure à celle du muscle d'animaux recevant une ration carencée (blé non supplémenté en lysine) ; l'amplitude des variations dans le sang est nettement plus faible. La technique permet de mettre en évidence avec précision dans le cas de la lysine et de la thréonine des excès de ces acides aminés, ainsi que des carences éventuelles, alors qu'il semble plus aisé dans le cas de la méthionine et surtout de l'isoleucine de mettre en évidence des carences que des excès. Les résultats obtenus pour un acide aminé donné dépendent des apports des autres acides aminés et de différents facteurs en particulier du taux protéique de la ration ; il est important que la composition de l'ensemble du régime soit équilibrée et bien connue tant en ce qui concerne l'apport azoté que l'apport énergétique, les minéraux et les vitamines. Ces techniques ont été utilisées pour la détermination de la disponibilité des acides aminés de certains aliments en particulier en fonction de traitements technologiques, ainsi qu'à l'étude de la nutrition azotée d'espèces animales présentant un intérêt zootechnique, tout au moins en ce qui concerne l'étude de l'aminoacidémie (PION et al. 1973) (1). Nous rappellerons brièvement les principaux travaux entrepris :

Etude de la valeur nutritive des protéines alimentaires (E. MENDES PEREIRA, R. PION)

Les résultats obtenus chez le rat en croissance ont été appliqués à l'étude d'un certain nombre d'aliments et en particulier à l'étude des conditions de conservation et de séchage sur la valeur nutritive des protéines du blé et à l'influence du parasitisme sur celle des protéines de tournesol. Nous avons ainsi mis en évidence un effet du séchage sur la disponibilité des acides aminés soufrés du blé. Nous étudions également de nouvelles variétés de céréales (blé, triticale) et de plantes à protéines et de nouvelles sources de protéines (levures en particulier), ainsi que des aliments protéiques susceptibles d'être utilisés par l'homme : protéines texturées ou concentrés destinés à être utilisés dans la fabrication de ces dernières, à partir de soja, féverolles, tournesol, colza.

Veau et Agneau préruminants (P. PATUREAU-MIRAND)

L'influence du repas se traduit par une augmentation de la glycémie et des teneurs en AAI libres du sang si la vidange stomacale des protéines alimentaires n'est pas retardée (protéines de levures ou de soja) pu par une baisse de l'aminoacidémie si elle est ralentie par la coagulation en particulier (protéines de lait). L'étude de ces cinétiques a permis l'élaboration d'un protocole de prélèvement permettant l'étude de l'effet des régimes alimentaires et des différents facteurs qui peuvent influer sur leur utilisation.

L'utilisation métabolique des acides aminés est affectée par la nature des sources d'énergie de la ration. Chez l'agneau, le remplacement total du suif par de l'huile de coprah ou de palme (collaboration avec THERIEZ) ou partiel par la tricapryline (collaboration avec AUROUSSEAU) provoque une utilisation accrue des acides aminés qui se traduit par une baisse de leurs teneurs sanguines. Des travaux sont actuellement en cours pour étudier l'influence du remplacement d'une fraction des lipides alimentaires par de l'amidon sur la cinétique après le repas des teneurs sanguines en glucose, urée, azote aminé et insuline, ainsi que sur le besoin en lysine du veau à l'engrais de poids élevé.

Les teneurs sanguines en acides aminés, au moins en ce qui concerne la méthionine, dépendent aussi de la vitesse de croissance des veaux. Elles sont d'autant moins élevées, pour une même quantité ingérée, que la croissance est plus forte.

(1) PION R., CHAMPREDON C., PATUREAU-MIRAND P., PRUGNAUD J. - 1973 - Bulletin technique C.R.Z.V. THEIX n°14, 21-29.

L'incidence d'autres facteurs tels que l'âge ou le jeûne sur le métabolisme des acides aminés a aussi été abordée.

La faible teneur en cystine des protéines du lait nous a conduit à étudier, à l'aide de méthionine ^{35}S la transformation de la méthionine en cystine chez le veau ; celle-ci est particulièrement importante dans le foie, le pancréas, les reins et la peau. L'apport de méthionine permet donc de couvrir le besoin en cystine. L'incorporation intense de méthionine ^{35}S dans la pancréas, le foie, l'intestin, les reins et la rate indique que la synthèse protéique est très active dans ces organes. C'est dans la peau et surtout le muscle que l'utilisation métabolique de la méthionine serait la moins forte.

La supplémentation de la poudre de lait par des doses croissantes de méthionine et de lysine a permis de montrer que les teneurs sanguines en ces composés étaient, comme chez les espèces monogastriques, déterminées par la quantité ingérée et d'obtenir une estimation du besoin en ces deux acides aminés. Des travaux sont actuellement en cours pour déterminer l'utilisation métabolique de la thréonine et en déduire une estimation du besoin en cet acide aminé ; ils seront complétés par l'étude d'autres acides aminés.

La détermination de l'aminoacidémie libre a également été appliquée à l'étude de l'utilisation de diverses protéines chez le veau (en collaboration avec TOULLEC) et chez l'agneau (en collaboration avec THIVEND) ; il s'agit en particulier de protéines de lait, de sous produits du poisson, de concentrés protéiques de soja ou de féverolles ayant subi des traitements divers, de protéines de pommes de terre, de protéines de levures d'alcanes.

L'examen de l'aminoacidémie de veaux et d'agneaux ayant ingéré des régimes contenant ces diverses protéines a permis d'apprécier, au moins pour un certain nombre d'entre eux, la disponibilité de leurs acides aminés et de mettre en évidence les éventuels déséquilibres ou déficiences en acides aminés indispensables des protéines de substitution. Il a permis en outre de faire une évaluation sommaire des besoins en la plupart des acides aminés indispensables, dont la précision devra être améliorée, mais qui complète utilement les résultats obtenus pour les acides aminés soufrés et la lysine.

Ruminants (C. CHAMPREDON)

Il est permis de penser qu'il existe chez le ruminant des relations entre les teneurs en acides aminés du sang et le taux de satisfaction des besoins en ces composés analogues à celles qui ont été mises en évidence chez le monogastrique. Leur étude est d'autant plus intéressante qu'il n'y a dans ce cas que peu de rapport entre la composition en acides aminés des rations ingérées et celle du mélange d'acides aminés qui peuvent passer du tube digestif dans le sang.

De telles relations ont été mises en évidence chez la chèvre au cours d'expérience de perfusion intraveineuse de longue durée dont les principaux résultats actuels ont été résumés (PION et al.)

Une étude préliminaire ayant permis de constater que l'amplitude des variations de l'aminoacidémie au cours de la journée était faible chez le ruminant, nous avons pu en étudier les variations en fonction de l'état physiologique de l'animal (gestation, lactation), et en relation avec l'utilisation digestive de diverses rations. Les résultats obtenus ont permis dans un certain nombre de cas de déterminer les raisons de la plus ou moins bonne aptitude de certaines rations à la production laitière et d'estimer indirectement les possibilités de synthèse d'acides aminés à partir de certaines formes simples d'azote dans le rumen, ainsi que l'influence probable de la méthionine et de certains types de rations sur le développement des protozoaires.

ETUDES SUR LA CROISSANCE

Régulation hormonale et utilisation des acides aminés

La production de viande nécessite la synthèse de protéines tissulaires à partir des acides aminés libres circulants qui proviennent de la digestion des matières azotées alimentaires. C'est pourquoi nous avons étudié l'influence de certains facteurs susceptibles de modifier la quantité et la qualité des protéines produites, et les relations entre teneurs en acides aminés libres tissulaires, synthèse protéique et concentration en certaines hormones circulantes en relation avec l'alimentation de l'animal.

C'est ainsi que GRIZARD a entrepris l'étude des effets de l'insuline chez des rats nourris par repas et subissant une restriction énergétique sans restriction azotée. Il a constaté que la restriction alimentaire entraine bien évidemment un profond ralentissement de la croissance et une utilisation accrue des protéines à des fins énergétiques. Des injections régulières d'insuline entrainent uhe amélioration de la croissance tout en tendant à améliorer les rétentions azotées et énergétiques. Les teneurs en acides aminés libres sont réduites par la restriction énergétique en ce qui concerne les acides aminés non indispensables dans le sang, le foie et le muscle alors que les acides aminés indispensables s'accumulent dans le muscle tout en diminuant dans le foie. L'insuline diminue les teneurs de la plupart des acides aminés libres indispensables dans le sang et le muscle tout en les augmentant dans le foie et semble ainsi diminuer les effets de la carence énergétique en augmentant l'importance de l'anabolisme protéique.

Des études sur chèvres et veaux en particulier sont en cours, en relation avec d'autres chercheurs du laboratoire.

Composition en acides aminés des protéines tissulaires et qualité des protéines alimentaires

Il semble que la qualité des protéines alimentaires joue plus sur les quantités de protéines synthétisées que sur la composition moyenne du tissu considéré. C'est ainsi que nous avons constaté (R. PION, G. FAUCONNEAU) que les compositions en acides aminés des protéines de foie et de tissu intestinal étaient indépendantes de l'espèce (porc, rat) et de la nature de la protéine alimentaire (farine de poisson, céréale, gluten) ; il en a été de même dans le cas du muscle, il semble en revanche que l'âge ou le poids aient une certaine influence ; les variations de composition observées reflètent des proportions différentes de collagène et de fibre musculaire. Il semble en outre que la synthèse du collagène soit moins ralentie par l'ingestion d'une protéine de mauvaise qualité que celle de l'ensemble des protéines musculaires.

Mesure de la synthèse protéique (M. ARNAL, G. FAUCONNEAU)

La recherche des conditions alimentaires les plus favorables à la production de viande de bonne qualité qui correspondent à une protéinogénèse musculaire maximale liée à une lipogénèse contrôlée nécessite en particulier l'utilisation d'une technique de mesure de la synthèse protéique dans les différents tissus.

Les méthodes habituelles de mesure de la composition du croit (abattage, bilan azoté) qui nécessitent des périodes expérimentales longues, permettent d'estimer la quantité de protéines fixées (anabolisme apparent) qui ne constitue qu'une faible partie de la quantité réellement synthétisée (anabolisme réel) dans l'organisme vivant dont les tissus sont en perpétuel état de renouvellement.

C'est ainsi que le rapport entre la quantité de protéines synthétisées et la quantité de protéines fixées chez le rat en croissance est respectivement de 3, 12 et 17 dans le muscle, la peau et l'appareil digestif. Ce rapport est de 7 pour l'ensemble de ces 3 compartiments qui représentent environ 68 p. 100 du poids vif.

C'est pourquoi l'appréciation de l'utilisation effective des nutriments nécessite la connaissance de la synthèse protéique réelle, qui peut être mesurée grâce à l'incorporation d'un acide aminé radioactif (^{14}C).

Les premières études ont été effectuées chez le rat, en particulier dans le cas d'une carence en énergie en présence d'un excès de protéines dans la ration (réduction de 50 p. 100 de l'apport énergétique de la ration). Les synthèses protéiques dans le muscle, la peau et l'appareil digestif des animaux carencés représentent respectivement 60 p. 100, 50 p. 100 et 200 p. 100 de celles des témoins de même poids. Les quantités totales de protéines synthétisées par l'animal ne sont pas affectées par le manque d'énergie mais leur répartition entre les différents compartiments est modifiée, ce qui met en évidence le rôle régulateur très important de l'appareil digestif qui contrebalance par une augmentation des synthèses les diminutions observées dans la peau et le muscle.

L'évolution de la synthèse protéique en fonction de l'âge a également été étudiée chez le rat du sevrage (40 g) au poids de 400 g, puis chez l'agneau de 1 semaine à 16 semaines, ce qui constitue une

première approche de l'application à l'amélioration de la production de la viande. Il n'est pas question d'entreprendre une expérimentation similaire chez des bovins en croissance, car son coût serait prohibitif, mais les résultats obtenus doivent aboutir à la mise au point d'une mesure de l'anabolisme réel par incorporation d'acides aminés in vitro, qui permettra d'étudier l'influence au cours d'un temps très court des facteurs nutritionnels, ou de leur interaction avec les facteurs génétiques.

CONCLUSION

Ces travaux réalisés dans une autre optique que ceux des Stations de Recherches sur l'Elevage les complètent en apportant des éléments utiles à la conception des expériences et en facilitant dans certains cas leur interprétation.

Outre leur intérêt scientifique, ils contribuent à améliorer nos connaissances sur l'utilisation par l'animal des aliments azotés pour la production de viande et de lait. Ils doivent avoir pour conséquence une économie de protéines grâce à la formulation d'aliments permettant une croissance optimum liée à une fourniture équilibrée d'acides aminés, tenant compte à la fois de la composition en acides aminés de matières premières, de leur utilisation digestive, et d'une meilleure connaisance des besoins des animaux. Ils peuvent également contribuer à orienter l'utilisation directe par l'homme de certaines protéines végétales de bonne qualité, grâce en particulier à la connaissance des phénomènes digestifs liés à leur consommation. Ils doivent aussi, au moins en ce qui concerne la production de viande, faciliter la mise au point de techniques d'alimentation permettant une bonne production de protéines musculaires, tout en limitant la production excessive de graisses.

Personnel du Laboratoire d'Etude
du Métabolisme Azoté
(Avril 1974)

Scientifiques : R. PION
Etiennette COMBE
M. ARNAL
C. CHAMPREDON
P. PATUREAU-MIRAND
J. GRIZARD
G. FAUCONNEAU (temps partiel)

Ingénieurs : J. PRUGNAUD
E. MENDES PEREIRA
Danielle BONIN (Documentaliste)

Techniciens : atelier : Y. BONNET
laboratoire : G. BAYLE
Evelyne AUROUSSEAU
Marie Claude VALLUY
Annick COUTURIER
Odile BERNARD
Françoise BARRE

Administratives : Annik GENEST
Madeleine ARMAND

Animalier : A. SELLE
M. SALLAS

Agents de Service : Denise CELLERIER (mi-temps)
Hélène LAFARGE

JOURNEES D'INFORMATION DU «GRENIER DE THEIX»

LES ACQUISITIONS RECENTES SUR LES CARENCES EN OLIGOELEMENTS (DU SOL AUX RUMINANTS)

De nombreuses carences en oligoéléments ont été signalées en France. La carence en sélénium (myopathie) est la plus connue. Pour les autres oligoéléments, et jusqu'à ces dernières années, aucune étude à l'échelon national n'avait été effectuée. Après deux enquêtes, mises en place par la Station de Physiopathologie de la Nutrition, auprès des Vétérinaires et des Eleveurs, on peut affirmer qu'il existe en France une pathologie assez généralisée de subcarence en cuivre, cobalt, zinc, sélénium, parfois en manganèse et plus exceptionnellement en iode.

Si les carences aigües, provoquant des troubles graves (ex : myopathie) se diagnostiquent facilement, les subcarences sont difficiles à déceler. En effet, elles se caractérisent par des symptômes plus ou moins discrets et des chutes de production difficilement estimables.

La prophylaxie doit être systématique et compatible avec l'organisation matérielle de l'exploitation. En outre les besoins des Ruminants peuvent varier en fonction des différentes caractéristiques de la ration.

Les fourrages étant pauvres en oligoéléments, il y a lieu de prévoir une supplémentation de la ration tout en restant dans le cadre de la législation régissant les additifs alimentaires. L'enrichissement des fourrages sur pied peut également être envisagé mais les résultats obtenus sont fonction du mode d'apport et de l'espèce considérée.

Les techniques d'intensification révèlent les subcarences. Or, l'intensification fourragère et animale augmentera encore dans les années à venir. Il faut donc tenir compte des carences en oligoéléments pour ne pas introduire un facteur limitant de la productivité.

Pour faire le point sur les acquisitions récentes dans le domaine de la nutrition en oligoéléments, l'I.N.R.A. organise au Lycée Agricole de MARMILHAT, les 15, 16 et 17 octobre prochain les 7èmes Journées d'Information du «Grenier de Theix».

Ces Journées s'adressent plus spécialement :

- aux Vétérinaires Praticiens et à leurs groupements techniques,
- aux Organismes de Développement,
- aux Industries de l'Alimentation Animale et des Engrais,
- aux Journalistes Scientifiques et Agricoles.

Renseignements et inscriptions (nombre de places limité) auprès de :

I.N.R.A.
Station de Physiopathologie de la Nutrition
C.R.Z.V. de Theix
63110 - BEAUMONT
à l'attention de Monsieur BELLANGER

PROGRAMME PROVISOIRE

1. LAMAND, Mme PERIGAUD, BELLANGER, RICHET. Les carences en oligoéléments chez les ruminants en France : Résultats d'enquête

2. LAMAND. Symptômes de carence sur l'animal ; diagnostic clinique

3. BELLANGER. Diagnostic analytique de la carence. Echantillonnage et méthodes officielles d'analyse (tissus végétaux et animaux)

4. Mme PERIGAUD. Diagnostic géochimique et interférences avec le facteur plante.

5. BROCHART. Oligoéléments et fertilité

6. KEROUANTON. Cas particulier de la Bretagne : Résultats d'enquête et prophylaxie mise en place

7. LAMAND. Besoins - Digestibilité , Prophylaxie et traitement

8. RICHET. Expérimentations sur la complémentation collective des troupeaux bovins au pâturage et sur l'emploi des implants de cuivre et de zinc sur bovins.

9. FERRANDO. Problème soulevé sur les plans biologique et législatif par l'adjonction des oligoéléments aux aliments des animaux.

10. TROCME. Les carences végétales en France chez les plantes à destination fourragère dont le maïs: conditions d'apparition et traitement

11. COIC. Comportement spécifique de différents fourrages vis-à-vis de leur possibilité d'accumulation du cuivre dans les parties aériennes.

12. Mme PERIGAUD, COPPENET, DE MONTARD. Influence de la fertilisation sur les oligoéléments dans les fourrages et les herbages permanents.

13. Mme BLANC. Influence de la dose et de la forme d'azote sur les teneurs en cuivre de différentes graminées fourragères.

14. COPPENET, Mme PERIGAUD, DE MONTARD. Possibilités d'enrichissements en oligoéléments du maïs, des graminées fourragères, de la luzerne et des prairies permanentes.

15. HENRY, Migration du cuivre chez le maïs à partir d'un dépôt foliaire.

16. JUSTE. Importance du molybdène et de certains amendements riches en oligoéléments sur le développement et la qualité de la luzerne dans les sols argilo-calcaires des Charentes.

JOURNEES D'ETUDE SUR LA PHYSIOLOGIE ET LA BIOCHIMIE DE LA DIGESTION

Marseille 10-11 Mai 1973

Sur ce thème d'étude 2 journées avaient déjà été organisées par A. RERAT à Jouy-en-Josas les 14-15 Janvier 1971. Les journées de 1973 font le point des travaux réalisés depuis par les chercheurs de l'I.N.R.A. et des chaires de Zootechnie et de Physiologie des écoles d'Agronomie et des écoles vétérinaires.

Les sujets d'études suivants ont été abordés :

1°) Motricité et transit ; 2°) Digestion microbienne ; 3°) Utilisation digestive des nutriments Métabolisme et influence des facteurs de variation ; 4°) Absorption.

Ils ont fait l'objet de 41 rapports qui ont été publiés sous forme de courtes communications : Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. 1973, **13** (4), 699-796.

9 rapports ont été présentés par des chercheurs du C.R.Z.V. de Theix que nous résumons brièvement ci-dessous.

INFLUENCE DE LA COAGULATION DES PROTEINES SUR LA VIDANGE STOMACALE CHEZ LE VEAU PRERUMINANT par J. FRANTZEN, R. TOULLEC, P. THIVEND, C.M. MATHIEU

Les essais effectués avec des laits non coagulables dans le rumen ou des laits de remplacement dépourvus de lait écrémé et contenant des levures d'alcanes et du lacto-sérum montrent que la vidange stomacale est influencée au moins autant par l'origine des protéines et par la technologie de la préparation que par la coagulation dans la caillette.

OBSERVATIONS SUR LE TRANSIT DES ALIMENTS LIQUIDES AU NIVEAU DE LA GOUTTIERE OESOPHAGIENNE CHEZ LE VEAU PRERUMINANT ET RUMINANT par R. GUILHERMET, C.M. MATHIEU, R. TOULLEC.

Chez des veaux frisons préruminants, 80 p. cent au moins du lait ingéré courcircuite le rumen jusqu'à 3 mois (des pourcentages plus faibles ont souvent été observés chez un veau Pie Rouge). Cette proportion (80 p. 100) se retrouve chez des veaux ruminants qui ont continué à recevoir du lait jusqu'à 1 an.

Une buvée exempte des éléments lactés distribués à des veaux ruminants, et une suspension de tourteaux de soja ou de concentré protéique de poisson distribuée à des veaux préruminants courcircuitent également le rumen (plus de 80 p. 100).

UTILISATION DE L'AZOTE ET DES ACIDES AMINES CHEZ LE RAT AXENIQUE par Etiennette COMBE

L'étude effectuée sur des rats axéniques (dépouvus de flore digestive) et des rats normaux montre que la digestion microbienne permet d'accroître la digestibilité de l'azote et de la plupart des acides aminés.

LA MICROFLORE DIGESTIVE DU VEAU NOUVEAU-NE par M. CONTREPOIS et Ph. GOUET

Les auteurs présentent une étude écologique de la microflore digestive du veau préruminant. Ces travaux ont pour but de connaître les espèces bactériennes en vue de contrôler leur implantation et leur équilibre dans le tube digestif et de pouvoir lutter plus efficacement contre les diarrhées néonatales. Ils confirment en particulier que les colibacilles sont présents en grand nombre dans le jéjunum et (ou) le duodénum des animaux diarrhéiques.

OBSERVATIONS SUR LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS DE POLYPLASTRON MULTIVESICULATUM ET D'ENTODINIUM sp. (ciliés Oligotriches) DANS LE RUMEN DE MOUTON par J.-P. JOUANY, J. SENAUD, P. GRAIN, P. de PUYTORAC

Les auteurs ont étudié le développement de 2 espèces de ciliés introduits dans le rumen d'agneau n'ayant jamais contenu de protozoaires. Ils montrent que la concentration des protozoaires varie de 1 à 3 au cours de la journée, que la vitesse de multiplication est d'environ 1,7 par jour pour polyplastron, et que la quantité de protozoaires ciliés qui quitte le rumen pendant 24 heures est d'environ 3,4 fois supérieure à la quantité présente dans le rumen.

DIGESTION DES PROTEINES DE CEREALES CHEZ L'AGNEAU EN CROISSANCE par R. PION, C. CHAMPREDON, P. THIVEND.

L'analyse des contenus digestifs à l'abattage montre qu'il doit y avoir dans le rumen une digestion importante des prolamines des céréales étudiées, orge, blé, maïs. Mais que cette digestion n'a pas abouti à la libération de tous les acides aminés qui doivent rester en partie sous forme peptidique. Il semble qu'une partie non négligeable de la leucine du maïs est absorbée au niveau intestinal.

ETUDE *in vitro* DE LA PROTEOLYSE ET DE LA PROTEOSYNTHESE DANS LE RUMEN par R. VERITE et M. JOURNET.

La dégradation de l'azote des tourteaux en ammoniac a été 2 à 3 fois plus élevée pour l'arachide que pour le soja.

La synthèse d'azote microbien à partir de l'azote de l'urée est plus ou moins élevée selon les régimes qui se sont classés dans l'ordre chronologique suivant : 1°) ensilage de maïs, 2°) foin + pulpe, 3°) foin + betteraves.

L'apport de luzerne déshydratée a stimulé dans tous les cas la synthèse de protéines microbiennes.

ETUDE DU METABOLISME DE LA METHIONINE DANS LE RUMEN DE LA CHEVRE par C. CHAMPREDON, R. PION, J. PRUGNAUD

Une proportion notable du 35 S introduit dans le rumen sous forme de méthionine quitte le rumen sous forme de méthionine libre ou incorporée dans les protéines microbiennes et passe directement dans l'intestin.

UTILISATION DIGESTIVE COMPAREE DE L'ORGE, DE LA BANANE VERTE ET DE LA BANANE ENSILEE CHEZ LA CHEVRE par C. PONCET.

Ces essais confirment que l'amidon d'orge est digéré rapidement et presque entièrement dans le rumen, alors qu'avec la banane les fermentations au niveau du rumen (production d'acides gras volatils) sont moins intenses et plus régulières au cours de la journée.

ABSORPTION DES ACIDES GRAS VOLATILS DANS L'OMASUM DE LA VACHE par C. DARDILLAT.

L'étude du pH et de l'absorption des A.G.V. dans le feuillet montre que des phénomènes d'acidose seraient susceptibles de se produire à ce niveau qui pourraient expliquer certaines indigestions du feuillet.

SOMMAIRES DES ARTICLES DES CHERCHEURS DU CENTRE

B. REMOND, R. TOULLEC et M. JOURNET. Evolution chez la vache laitière des teneurs de différents constituants du sang à la fin de la gestation et au début de la lactation. Relations avec la sécrétion des matières grasses du lait. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys., 1973, **13** (3), 363-380.

Chez 3 vaches dont l'état nutritionnel était très différent, nous avons décrit pendant les 3 dernières semaines de gestation et les 6 premières semaines de lactation, l'évolution de la concentration des acides gras des 4 principales classes de lipides plasmatiques et de leur composition en acides gras, ainsi que l'évolution de la concentration des corps cétoniques sanguins, du glucose et des protéines totales plasmatiques. Nous avons essayé de relier cela à la quantité et à la composition des matières grasses sécrétées dans le lait, ainsi qu'à l'état nutritionnel des animaux.

La concentration des acides gras des triglycérides, des phospholipides et des esters du cholestérol, des acides gras totaux, ainsi que celle des protéines et du glucose a diminué à la fin de la gestation, été minimale au début de la lactation et augmenté ensuite ; celle des acides gras libres et des corps cétoniques a varié en sens inverse.

La part des acides gras libres dans les acides gras totaux du plasma, normalement d'environ 5 p. 100, a atteint 20 p. 100 après le vêlage chez la vache la plus sous-alimentée. Pendant le même temps, la proportion des acides gras des triglycérides était 8 fois plus faible.

Des différents constituants sanguins que nous avons mesurés, c'est le glucose et les acides gras libres qui ont été le mieux liés (intra- et inter-vaches) au bilan énergétique.

La quantité de matières grasses sécrétée dans le lait et le taux buryteux ont été positivement liés à la concentration des acides gras libres plasmatiques.

La composition en acides gras des acides gras libres a été semblable à celle des triglycérides, mais différente de celle des phospholipides et des esters du cholestérol. Dans les acides gras libres, les triglycérides et les phospholipides, $C_{18:0}$ a varié dans le même sens que le bilan énergétique et $C_{18:1}$ a varié en sens inverse.

Dans le lait, la proportion des acides gras longs (à 18 atomes de carbone) a été d'autant plus élevée au début de la lactation que le déficit énergétique était plus important (ou que la concentration des acides gras libres était plus grande) ; elle a diminué avec l'avancement de la lactation.

Les résultats ont été comparés à ceux d'autres auteurs, et discutés à propos de la synthèse des matières grasses en particulier.

P. PATUREAU-MIRAND, J. PRUGNAUD, M. ARNAL et R. PION, Métabolisme de la méthionine-^{35}S chez le veau préruminant. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys., 1973, **13** (4), 565-585.

Afin d'étudier le métabolisme de la méthionine chez le veau préruminant, après une période de mesure du bilan azoté, 2 et 5 mCi de méthionine-^{35}S furent respectivement injectés dans la veine jugulaire de 2 veaux *Frisons* de 52,8 kg (veau A) et 85,2 kg (veau B). L'aliment d'allaitement distribué aux animaux contenait 24,8 p. 100 de protéines de lait de vache supplémentées en lysine, thréonine, arginine et méthionine. Des prélèvements de sang, de peau et de muscle furent effectués 2 h 30 et 5 h après l'injection. A l'abattage des veaux A et B (10 h et 7 h 30 après l'injection), des échantillons de sang, de peau, de muscle, le foie, le pancréas, l'intestin, les reins et la rate furent prélevés pour y étudier la répartition du marqueur entre la méthionine et ses métabolites dans la fraction soluble ou insoluble dans l'acide trichloroacétique de ces tissus ou organes.

La taurine, les méthionines sulfoxydes, le glutathion réduit ou oxydé, la cystine, la cystathionine et la méthionine ont été identifiés parmi les composés marqués de la fraction soluble. Les composés marqués des protéines étaient la méthionine et la cystine. L'abondance de métabolites marqués de la transsulfuration indique que cette voie métabolique est particulièrement active dans le foie et le pancréas. Cela est confirmé par l'importante proportion de la radioactivité qui est incorporée dans les protéines de ces organes sous forme de cystine-^{35}S. Les autres tissus dans lesquels la transsulfuration paraît active aussi, sont les reins et la peau. La mesure de la quantité de méthionine-^{35}S dans les protéines a montré que dans le pancréas, le foie, l'intestin, les reins et la rate, la synthèse protéique était particulièrement intense. Dans

la peau et surtout le muscle, l'utilisation métabolique de la méthionine est la moins forte. La répartition des principaux composés marqués dans l'ensemble de la radioactivité retrouvée dans les tissus des veaux A et B, est la suivante: méthionine 58,4 et 61,7 p. 100 (44,5 et 44,6 p. 100 sous forme de méthionine-^{35}S incorporée dans les protéines), cystine 16,7 et 19,4 p. 100 (13,9 et 14,6 p. 100 sous forme de cystine-^{35}S incorporée dans les protéines). De l'estimation des quantités de méthionine et de cystine retenues par la méthode du bilan azoté, on déduit que 25 et 37 p. 100 du soufre ingéré sous forme de méthionine seraient retenus dans la méthionine des protéines des veaux A et B.

On en déduit que dans un régime équilibré, la méthionine doit nécessairement représenter plus de 33 p. 100 des acides aminés soufrés.

G. MOLENAT et M. THERIEZ. Influence du mode d'élevage sur la qualité de carcasse de l'agneau de Bergerie. Etude des effets de l'allaitement artificiel et des régimes entièrement condensés sur la qualité des dépôts adipeux de couverture. Ann. Zootech., 1973, **22** (3), 279-293.

L'expérience présentée ci-dessous avait pour but de déterminer l'influence de l'allaitement artificiel et des régimes d'engraissement entièrement condensés sur la qualité des dépôts adipeux de couverture de l'agneau de boucherie. Nous avons pour cela comparé les carcasses d'agneaux élevés par leur mère ou allaités artificiellement et dont le régime d'engraissement était présenté soit sous la forme traditionnelle (foin normal + aliment concentré), soit sous forme entièrement condensée.

L'allaitement artificiel et les régimes entièrement condensés diminuent la qualité de la carcasse en favorisant l'apparition de dépôts adipeux sous-cutanés mous. Les effets défavorables de ces deux techniques alimentaires sont cumulatifs.

Les dépôts adipeux mous se caractérisent par une teneur en eau élevée, une moindre proportion des acides gras saturés et une augmentation des acides gras impairs (C_{15} et C_{17}).

L'allaitement artificiel augmente les teneurs en eau et en acide stéarique et diminue la proportion d'acide myristique dans le tissu adipeux sous-cutané, par comparaison avec l'allaitement maternel.

Les dépôts adipeux superficiels obtenus avec le régime condensé sont plus riches en eau, en acides gras impairs et en acides palmitique et linoléique qu'avec le régime normal.

Quel que soit le régime, les dépôts adipeux de couverture des femelles sont de meilleure qualité que ceux des mâles. Ils sont moins sensibles aux effets du régime.

P. PATUREAU-MIRAND, J. PRUGNAUD et R. PION. Influence de la supplémentation en lysine d'un aliment d'allaitement sur la teneur en lysine libre du sang et du muscle du veau préruminant. Ann. Biol. anim. Bioch., Biophys., 1973, **13** (4), 683-689.

L'influence de la supplémentation en lysine d'un aliment d'allaitement contenant 24 p. 100 de matières azotées d'une poudre de lait écrémé Spray, sur les teneurs en lysine libre du sang et du muscle du veau préruminant est étudiée au cours de 2 expériences pendant lesquelles 16 veaux reçoivent 6 régimes pendant 5 périodes de 14 jours. Les supplémentations ne paraissent pas avoir un effet important sur la consommation ou la croissance. La teneur en lysine libre du sang reste basse et presque constante lorsque les veaux ingèrent moins de 1,3 g de lysine par unité de poids métabolique ($P^{0,75}$) et par jour. Lorsque la quantité journalière ingérée est supérieure à 1,3 g/$kg^{0,75}$/j, la lysine s'accumule dans le sang. Les concentrations en lysine libre du sang et du muscle restent voisines quel que soit le niveau de supplémentation. La teneur en lysine libre du sang est déterminée par la quantité de lysine ingérée au cours des 8 et peut-être même des 2 repas précédant la prise de sang. Ces résultats indiquent que l'utilisation métabolique de la lysine est intense lorsque la quantité de lysine ingérée reste inférieure à 1,3 g/$kg^{0,75}$/j. Le besoin en lysine semble proche de cette valeur.

J.P. BARLET, M. THERIEZ et G. MOLENAT. L'urolithiase ovine. Effets d'un phosphonate de sodium et du chlorure d'ammonium. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys., 1973, **13** (4), 627-641.

Nous avons essayé de mettre en évidence les modifications du métabolisme phosphocalcique survenant chez l'agneau atteint d'urolithiase et de prévenir l'apparition de ces troubles par l'utilisation d'un phosphonate de sodium (EHDP) ou de chlorure d'ammonium, tout en observant l'influence de l'EHDP ou de NH_4Cl sur les performances zootechniques et le métabolisme phosphocalcique de jeunes agneaux mâles, de races diverses, recevant une ration à base de maïs ou de sorgho.

Au cours de deux expériences successives nous avons utilisé respectivement 4 lots de 12 agneaux (lots A, B, C et D) et 3 lots de 15 agneaux (E, F et G). Les lots A, E, F et G recevaient un concentré à base de maïs, les lots B, C et D un concentré à base de sorgho. Les animaux des lots C et G recevaient en outre quotidiennement, par voie orale, 10 mg d'EHDP par kg de poids vif et le concentré distribué aux animaux des lots D et F était additionné de 1 p. 100 de NH_4Cl.

Dans l'expérience I, 6 animaux du lot A et 5 animaux du lot B ont été atteints d'urolithiase, tandis qu'aucun cas n'a pu être décelé parmi les animaux des lots C et D. L'apparition de l'urolithiase semblait toujours précédée par une élévation de la phosphaturie. Les variations des paramètres sanguins étudiés ne paraissaient pas susceptibles de fournir des indications sûres permettant de prévoir l'apparition des calculs urinaires. L'EHDP diminuait significativement la phosphaturie et le taux rénal de phosphore. Le NH_4Cl augmentait la calciurie, la rétention calcique et le volume d'urine excrété quotidiennement, tout en abaissant le pH urinaire.

Dans l'expérience II, nous n'avons observé aucun cas d'urolithiase et aucun calcul urinaire n'a pu être décelé à l'abattage, même chez les témoins (lot E). Cependant, la croissance journalière des animaux du lot E était significativement inférieure à celle des animaux des lots F et G. De plus, chez les témoins, il existait une corrélation négative hautement significative entre la croissance moyenne journalière et la teneur rénale en calcium. Ceci semblait indiquer, chez les témoins, la présence d'urolithiase à un niveau subclinique, laquelle était inhibée par l'EHDP ou le NH_4Cl.

B. LECLERCQ, I. HASSAN, P. THIVEND et J.C. BLUM. Utilisation comparée du maïs entier et du maïs broyé pour le gavage du Canard. Ann. Zootech., 1973, **22** (3), 337-340.

Nous avons comparé l'utilisation du maïs distribué sous deux formes (entier ou finement broyé) pour le gavage du canard. Le broyage a un effet défavorable : gain de poids vif diminué, « foie gras » moins lourd (tabl. 1). La composition des fientes est très différente dans les deux lots. Leur teneur en amidon est beaucoup plus élevée et leur teneur en lipides plus faible dans le cas du maïs broyé. L'influence du broyage est discutée en tenant compte des variations de la digestibilité et d'une accélération vraisemblable du transit intestinal.

R. BOCCARD et B.L. DUMONT. Etude de la production de la viande chez les ovins. IX - Variation de l'organisation de la musculature de l'agneau en fonction de la vitesse de croissance. Ann. Zootech., 1973, **22** (4), 423-431.

On a étudié l'importance relative des principaux muscles d'agneaux de race *Préalpes*, élevés à deux vitesses de croissance (respectivement 69 et 258 g/jour). Les animaux ont été considérés à des âges variables (à la naissance, à 20, 40, 60 et 80 jours) et à poids de muscle différents (2 000, 3 000 et 4 000 g de musculature totale). Avec l'âge, quelle que soit la vitesse de croissance, on a noté une légère modification de l'importance relative des diverses régions musculaires, qui conduit à un faible remodelage de la masse musculaire au travers de l'ensemble du corps. A poids de muscle comparable, il n'est pas possible d'envisager de façon formelle l'existence d'une homéostasie stricte pour la composition musculaire. On enregistre dans la proportion des divers muscles de légères différences dont les conséquences économiques sont minimes.

A un stade de développement musculaire identique, la vitesse de croissance n'influence pas la valeur du rapport muscle/squelette. Ce rapport, qui s'accroit régulièrement avec l'âge et la masse de la musculature paraît être, à un poids donné de muscle, indépendant de l'âge ou des conditions nutritionnelles imposées aux animaux.

M. THERIEZ, J. LE DU et G. MOLENAT. Comparaison de quatre méthodes de conservation du maïs-grain. Influence sur la valeur alimentaire pour l'engraissement de l'agneau. Ann. Zootech., 1973 **22** (4), 433-440.

Nous avons distribué à des agneaux à l'engraissement des rations composées d'un mélange de luzerne déshydratée, d'un complément azoté et de maïs aplati. Le maïs avait été soit séché dès la récolte ou après 50 jours de conservation sous vide, soit conservé humide en silo étanche ou après aspersion à l'acide propionique.

Les agneaux qui recevaient les mêmes quantités de matière sèche ont eu des gains de poids identiques et ont donné des carcasses dont l'état d'engraissement était très voisin, quelle que soit la méthode utilisée de conservation du maïs.

P. LE NEINDRE. Observations sur l'estimation de la production laitière des vaches allaitantes par la pesée du veau avant et après la tétée. Ann. Zootech., 1973, **22** (4), 413-422.

Pour apprécier la valeur de la méthode d'estimation de la production laitière des vaches allaitantes par pesée avant et après la tétée des veaux, nous avons mesuré, du deuxième au septième mois de lactation, la production laitière de 10 vaches Salers qui allaitaient chacune un veau.

1. Nous avons évalué la variation journalière en mesurant la production laitière à 7 heures et à 17 heures chaque jour pendant deux périodes, au troisième mois de lactation (19 jours) et au sixième mois de lactation (11 jours). L'estimation de la production laitière (10,8 kg en moyenne) varie peu d'un jour à l'autre et cette variabilité diminue avec l'avancement de la lactation. Grâce à un jour de mesure pris au cours d'une période de la lactation, on apprécie la production laitière moyenne de cette période à 11-15 p. 100 près.

Cependant, au début de la lactation, l'utilisation de deux tétées par jour ne suffit peut-être pas pour estimer correctement la production laitière.

2. Afin de simplifier la méthode, nous avons comparé plusieurs estimations obtenues à partir des mesures effectuées chaque semaine sur trois tétées consécutives (schéma 1) pendant huit semaines. Les veaux étaient séparés de leur mère le matin et pesés avant et après la tétée le soir à 17 heures et le lendemain à 7 heures et à 17 heures.

- la première estimation (Y = méthode de référence) est la somme des deux dernières mesures et correspond à la production laitière de 24 h ;
- la deuxième (X_1) est la somme des deux premières mesures ;
- la troisième (X_2) représente la production obtenue le matin et correspond à une production laitière de 14 heures.

La deuxième estimation est supérieure de 9 p. 100 à la première et lui est liée avec un coefficient de corrélation de 0,91. La troisième est liée avec la première ($r = 0,97$) et est suffisante pour obtenir avec précision la production laitière, à condition de connaître l'intervalle de sécrétion.

Une traite après injection d'ocytocine (5 UI) a permis d'estimer la quantité de lait résiduel après la tétée pour 9 vaches, aux jours 84, 99 et 165 après le vêlage. Cette quantité est faible et diminue avec la lactation de 9,6 à 6,8 p. 100 du lait total ; la quantité de matières grasses présentes dans ce lait résiduel a diminué, de 23,6 à 16, 4 p. 100 de la quantité de matières grasses totales présentes avant la tétée.

M. VERMOREL. Utilisation énergétique et azotée des principaux tourteaux et des graines de légumineuses par le rat en croissance ; Comparaison au blé tendre et au Blé dur. Ann. Zotech., 1973, **22** (3), 253-265.

En complément des travaux de Y. Henry chez le Porc, nous avons étudié les valeurs énergétiques et azotées du blé tendre, du blé dur, du pois fourrager, de la féverole et des tourteaux d'arachide, de soja et de tournesol pour le rat en croissance par la méthode des abattages comparés. Ces aliments représentent une proportion aussi élevée que possible de l'énergie et de l'azote des régimes supplémentés en acides aminés indispensables. L'utilisation de ces régimes est comparée à celle d'un régime témoin à base d'amidon et de farine de hareng.

Les digestibilités de l'énergie et de l'azote de ces aliments, leurs énergies nettes rapportées à celles de l'amidon et de l'orge, sont comparées aux valeurs obtenues chez le Porc. L'utilisation métabolique des protéines supplémentées en acides aminés indispensables est variable suivant les aliments, inférieure en particulier dans le cas de la féverole. Pour une même ingestion d'énergie métabolisable, ces différences se traduisent par une modification de la synthèse protéique et de l'engraissement des rats.

M. VERMOREL, J.C. BOUVIER, Y. BONNET et G. FAUCONNEAU. Construction et Fonctionnement de 2 chambres respiratoires du type « circuit ouvert » pour jeunes bovins. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys., 1973, **13** (4), 659-681.

Les 2 chambres respiratoires du type « circuit ouvert » décrites sont destinées à des études de nutrition et de bioclimatologie avec des jeunes bovins pesant jusqu'à 350 kg et des groupes d'agneaux. Le système de climatisation contrôle la température et l'humidité relative sur une large plage. Les débitmètres et les analyseurs de gaz assurent une mesure très précise des échanges respiratoires de l'animal. L'air est analysé en continu ; de plus, un dispositif de secours permet de constituer un prélèvement d'air représentatif sur une période de 24 heures.

L'installation est équipée de capteurs physiques (températures, vitesse de l'air) et physiologiques (températures, fréquences cardiaque et respiratoire), de dispositifs de sécurité et d'alarme. Les différents capteurs sont scrutés par une centrale de mesure avec une périodicité variable. Les données sont imprimées sur papier et perforées sur ruban en vue du traitement mécanographique. Les mesures sont réalisées pendant 4 jours consécutifs, après 2 jours d'adaptation, avec une précision élevée : la différence entre le bilan calorique et le bilan carbone-azote est égal à 0,2 ± 1,2 p. 100 de l'énergie ingérée. Cette installation offre de nombreuses possibilités de travail, en particulier l'étude des variations du métabolisme énergétique au cours du cycle nycthéméral.

M. VERMOREL, J.C. BOUVIER et Y. BONNET. Construction et fonctionnement de 4 chambres respiratoires du type «circuit fermé» pour des études de nutrition énergétique chez le rat en croissance. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys., 1973, 13 (3), 505-519.

4 chambres respiratoires du type « circuit fermé » ont été conçues pour des études de nutrition énergétique chez le Rat en croissance. Ces installations permettent de réaliser des bilans énergétiques et azotés précis sur une période de 24 heures, au minimum. Le gaz carbonique est capté par des tamis moléculaires 5 Å et la quantité produite est déterminée par gravimétrie. L'oxygène est fourni soit par un spiromètre, soit un dispositif d'alimentation automatique, avec détermination gravimétrique de la quantité d'oxygène délivré. Les bilans énergétiques et azotés sont réalisés sur une période de 5 jours avec des sujets de même poids ; la précision des différentes mesures ainsi que la concordance entre les 2 types de bilans réalisés montrent que la méthode utilisée est satisfaisante pour les études envisagées.

Editions S.E.I.
Route de St-Cyr

78000 - VERSAILLES

Dépôt légal : 1er trimestre 1974